



TUGAS AKHIR – TI 141501

**SKENARIO CAPAIAN INDEKS “*WATER FOOTPRINT*”
PENGARUHNYA TERHADAP KESEJAHTERAAN
MASYARAKAT DI PROVINSI JAWA TIMUR**

AGUNG PRASETIYO
NRP 2512 100 055

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M.Eng.

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT – TI 141501

**ACHIEVEMENT SCENARIO OF “WATER FOOTPRINT”
INDEX AND THE IMPACT TO THE SOCIETY WELFARE IN
EAST JAVA PROVINCE**

AGUNG PRASETIYO
NRP 2512 100 055

Supervisor
Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M.Eng.

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

SKENARIO CAPAIAN INDEKS “*WATER FOOTPRINT*” PENGARUHNYA TERHADAP KESEJAHTERAAN MASYARAKAT DI PROVINSI JAWA TIMUR

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :

AGUNG PRASETIYO
NRP 2512 100 055

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M.Eng
NIP. 195503081979031001



SURABAYA, JANUARI 2017

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

SKENARIO CAPAIAN INDEKS “WATER FOOTPRINT” PENGARUHNYA TERHADAP KESEJAHTERAAN MASYARAKAT DI PROVINSI JAWA TIMUR

Nama : Agung Prasetyo
NRP : 2512100055
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M.Eng

ABSTRAK

Water footprint (WF) adalah suatu konsep yang digunakan untuk melacak jumlah air yang dipergunakan oleh seseorang, suatu komunitas dan bisnis tertentu ataupun yang digunakan untuk menghasilkan suatu produk yang diartikan secara virtual. Diartikan secara virtual karena menunjukkan total air yang digunakan pada seluruh proses produksi produk tersebut yang meliputi jumlah air hujan (*green water footprint*), air permukaan dan dalam tanah (*blue water footprint*) dan juga air yang diperlukan untuk mengolah limbah dari produk tersebut (*grey water footprint*). Informasi dari *water footprint* suatu produk ataupun suatu komunitas akan membantu kita memahami bagaimana keberlanjutan dan pemerataan dalam penggunaan sumber daya air. Dari penelitian yang dilakukan oleh GFN, diperoleh bahwa kecenderungan negara dengan indeks pembangunan manusia tinggi merupakan negara yang berkontribusi besar terhadap indeks footprint keseluruhan. Pencetus *water footprint*, A.Y Hoekstra, mengemukakan bahwa tidak hanya IPM, berbagai variabel ikut berperan terhadap indeks WF. Selain indikator kesejahteraan masyarakat secara umum, factor yang mempengaruhi indeks *water footprint* adalah agrikultur, industri, household dan jasa. Pada penelitian ini digunakan metode sistem dinamik, yaitu metode penyelesaian masalah dengan pendekatan secara sistem yang dapat memaparkan akibat yang disebabkan oleh dinamika perubahan indikator kesejahteraan masyarakat dengan memperhatikan detail hubungan keterkaitan antar variabel dari sebuah sistem. Penelitian ini membagi sistem menjadi 6 submodel yaitu kesejahteraan masyarakat, Indeks *water footprint* Jawa Timur, submodel sektor household, agrikultur, industri, jasa. Terdapat 6 alternatif skenario kebijakan yang digunakan dalam penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan PDRB akan meningkatkan indeks *water footprint* dan IPM dimana terdapat keterkaitan antar masing-masing variabelnya. Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan rekomendasi kebijakan PDRB dan penurunan penggunaan air kepada pemerintah dan dampaknya bagi stakeholder terkait, sehingga keputusan penetapan PDRB dan penurunan penggunaan air akan didasarkan pada banyak pertimbangan sesuai dengan hasil penelitian.

Kata Kunci — Indeks pembangunan manusia, sistem dinamik, skenario kebijakan, *water footprint*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ACHIEVEMENT SCENARIO OF “WATER FOOTPRINT” INDEX AND THE IMPACT TO THE SOCIETY WELFARE IN EAST JAVA PROVINCE

Name : Agung Prasetyo
NRP : 2512100055
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M.Eng

ABSTRACT

Water footprint (WF) is a concept that can be used to track amount of water consumed by a single person, a community, or a group of business, or a manufacturer. The information gathered from water footprint, a product, or a community will help us to understand how to achieve continuity in water consumption. WF showed from a product indicates the amount of water that contained in that product. But it is not literally contained, it is virtually contained. It is said virtually because it shows the total amount of water that used for the whole production process. Includes the amount of water coming from rain (green water footprint), surface, and inside the land (blue water footprint). Moreover the amount of water that used to process the waste from product (grey water footprint). Based on a study conducted by GFN, the tendency of a country with a high human building index is the country that has a higher contribution to all footprint index. Founder of water footprint, A.Y Hoekstra proposed the variable that has high contribution for WF index is not only IPM but also another variables. Besides the general society welfare indicator, another factors that affect the water footprint index are, agriculture, industry, household, and service. In this research, the system dynamics method is used, it is a problem solving method by using systemic approach that can explain the outcome of the society welfare indicator dynamics shifting by observing the detail of intra variables relation inside the system. This research will separate the system become 6 sub models which are, society welfare, water footprint index East Java, household sector sub model, agriculture, industry, and service. There are 6 policy scenario alternatives used in this research. The result of this research shows that the enhancement of PDRB will raise up the water footprint index and IPM because the connection of the variables. This research aims to giving recommendation PDRB policy and the reduction of water consumption to the government and the impact to the stakeholders. So the decision of PDRB determination and the reduction of water consumption will be based on many considerations as the research result

Keywords— system dynamics, policy scenarion, water footprint

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur yang sebesar-besarnya penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat rahmat, hidayah dan taufik-Nya, serta shalawat dan salam bagi Nabi Muhammad SAW, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Selama penulisan Tugas Akhir ini, banyak pihak yang telah membantu penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu dan maksimal. Penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Nurjannah dan Samsuri selaku kedua orang tua penulis yang tak henti-hentinya selalu mendoakan setiap waktu dan menjadi sumber motivasi utama penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Edy Eksvandi dan Nining selaku kedua orang tua penulis yang tak henti-hentinya selalu mendoakan setiap waktu dan menjadi sumber motivasi utama penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Aprilia Fitriana selaku kakak kandung penulis yang selalu memberikan doa dan mengingatkan penulis agar dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.
4. Nur Iriawan dan Wiwik Prihatini selaku saudara (Pak De dan Bu De) penulis yang senantiasa memberikan doa dan motivasi penulis serta bersedia memberi tempat berteduh untuk penulis selama masa perkuliahan.
5. Seluruh keluarga Bani Anjar Soepramono yang selalu memberikan doa dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
6. Bapak Budisantoso Wirjodirdjo selaku dosen pembimbing yang sangat luar biasa dalam membimbing penulis hingga seluruh proses pengerjaan tugas akhir berjalan dengan baik.
7. Orang-Orang Luar Biasa (Nur, Mila, Tia) yang tak pernah berhenti selalu membantu dan menyemangati penulis dalam hal kehidupan selama masa perkuliahan terkhusus dalam hal-hal yang berbau akademik. Terima kasih atas bantuannya pada semester akhir ini😊

8. Segerombolan gagak GATEL28 yang telah mewarnai dunia perkuliahan dengan canda tawanya yang tidak wajar serta berbagi pengalaman dewasa di masa muda yang tak mungkin terulang lagi ini. “Nakal Boleh Goblok Jangan”.....See you on top!
9. Seluruh kawan-kawan KAVALERI (2012) yang telah setia menemani dunia perkuliahan dan selalu memberikan canda tawa kepada penulis hingga akhir.
10. Departemen Lingkar Kampus HMTI ITS 2013/2014 dan 2014/2015 (Masa Fikri, Mbak Afi, Mas Arif (Bejo), Ananda (Kampes), Gilang, Fahmy (Panjul), Rian (Homo) Andi Siata, Vipta, Karin, Reza, Fiki, Tiara Dll) yang memberikan pembelajaran dalam cerita pengabdian untuk HMTI ITS
11. Pejuang Tugas Akhir Puncak Kertajaya A575 (Ega, Pras, Gilang, Deo, Saka) yang telah menjadi sahabat penulis dalam begadang tengah malam untuk menyelesaikan tugas akhir serta kawan bermain DOTA2 yang menyenangkan.
12. Seluruh member “PASKIBOYO” (Mbak Raras, Mas Aig, Annete, Jos, Fairus, Cathing, Intan, Nanda Dll) yang memberikan warna lewat canda tawa selama masa perkuliahan.
13. Hafidz Akbar A, Vikram Surya H, Hibattullah Al Azizi, M. Tsabut Su’aifin selaku sahabat dari penulis yang selalu memberikan doa dan semangat kepada penulis.
14. Vivie Yulita Kurniasari, Terimakasih sudah selalu ada ☺

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini belum sempurna sehingga tidak menutup kemungkinan untuk pemberian kritik dan saran yang dapat menyempurnakan Tugas Akhir ini pada penelitian selanjutnya. Terima kasih dan salam hangat untuk kita semua.

Surabaya, Januari 2017

Agung Prasetyo
2512100055

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	7
1.3. Tujuan Penelitian	7
1.4. Manfaat Penelitian	8
1.5. Ruang Lingkup Penelitian.....	8
1.5.1. Batasan.....	8
1.5.2. Asumsi	8
1.6. Sistematika Penulisan	8
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1. <i>Water Footprint</i>	11
2.1.1. Sejarah <i>Water Footprint</i>	14
2.1.2. <i>Water Footprint Network</i>	15
2.1.3. Standar Internasional <i>Water Footprint</i>	16
2.2. Kesejahteraan Masyarakat	17
2.3. Konsep Pemodelan Sistem Dinamik.....	21
2.3.1. Langkah Pemodelan Sistem Dinamik.....	23
2.3.2. <i>Causal Loop Diagram</i> (CLD).....	24
2.3.3. <i>Diagram Stock and Flow</i>	25
2.3.4. Konsep Pengujian Model.....	27
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	29
3.1. <i>Flowchart</i> Penelitian.....	29

3.2.	Tahap Identifikasi Permasalahan.....	31
3.2.1.	Identifikasi dan Perumusan Masalah	31
3.2.2.	Penetapan Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	31
3.2.3.	Tinjauan Pustaka	32
3.3.	Identifikasi Variabel dan Konseptualisasi Model	32
3.3.1.	Identifikasi Variabel.....	32
3.3.2.	Konseptualisasi Sistem.....	32
3.3.3.	Pengambilan Data	33
3.4.	Tahapan Simulasi Model.....	33
3.4.1.	Perancangan dan Formulasi Model	33
3.4.2.	Running Model Awal	33
3.4.3.	Pembuatan Skenario Kebijakan	34
3.4.4.	Penerapan Skenario Kebijakan	34
3.5.	Tahap Analisis dan Penarikan Kesimpulan.....	34
3.5.1.	Analisis dan Interpretasi.....	34
3.5.2.	Penarikan Kesimpulan Akhir	34
BAB 4	PERANCANGAN MODEL SIMULASI.....	37
4.1.	Identifikasi Sistem Amatan	37
4.1.1.	Gambaran Umum Provinsi Jawa Timur.....	37
4.1.2.	Kesejahteraan Masyarakat Jawa Timur dan <i>Water Footprint</i> ...	39
4.1.3.	Sektor <i>Household</i> Jawa Timur	42
4.1.4.	Sektor Industri Jawa Timur	45
4.1.5.	Sektor Jasa Jawa Timur.....	46
4.1.6.	Sektor Agrikultur Jawa Timur	47
4.2.	Konseptualisasi Sistem.....	48
4.2.1.	Diagram <i>Input-Output</i>	49
4.2.2.	Diagram <i>Causal Loop</i>	50
4.2.3.	Identifikasi Variabel.....	53
4.3.	<i>Stock and Flow Diagram</i>	61
4.3.1.	Model Utama Sistem.....	62
4.3.2.	Submodel Kesejahteraan Masyarakat	62
4.3.3.	Submodel <i>Water Footprint</i> Jawa Timur	64

4.3.4.	Submodel Sektor <i>Household</i>	64
4.3.5.	Submodel Sektor Industri	65
4.3.6.	Submodel Sektor Jasa	67
4.3.7.	Submodel Sektor Agrikultur.....	68
4.4.	Verifikasi dan Validasi	69
4.4.1.	Verifikasi Model	69
4.4.2.	Validasi Model.....	71
4.5.	Simulasi Model	79
4.5.1.	Submodel Kesejahteraan Masyarakat.....	80
4.5.2.	Submodel <i>Water Footprint</i>	81
4.5.3.	Submodel Sektor Industri	82
4.5.4.	Submodel Sektor Jasa	83
4.5.5.	Submodel Sektor <i>Household</i>	84
4.5.6.	Submodel Sektor Agrikultur.....	85
BAB 5	MODEL SKENARIO KEBIJAKAN.....	87
5.1.	Penentuan Skenario.....	88
5.1.1.	Skenario 1: PDRB Tetap Dengan Peningkatan Pengurangan Penggunaan Air tiap sektor Sebesar 5%	92
5.1.2.	Skenario 2: PDRB Dengan Peningkatan Konstan 10% dan Pengurangan Penggunaan Air tiap Sektor Sebesar 5%.....	93
5.1.3.	Skenario 3: PDRB Dengan Peningkatan Konstan 15% dan Pengurangan Penggunaan Air Sebesar 5%	94
5.1.4.	Skenario 4: PDRB Tetap Dengan Penurunan Penggunaan Air Tiap Sektor Sebesar 10%	95
5.1.5.	Skenario 5: PDRB Dengan Peningkatan Konstan 15% dan Penurunan Penggunaan Air Sebesar 10%	95
5.1.6.	Skenario 6: PDRB Dengan Peningkatan Konstan 15% dan Penurunan Penggunaan Air tiap Sektor Sebesar 10%	96
5.2.	Perbandingan Nilai <i>Output</i> Skenario	97
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN.....	103
5.3.	Kesimpulan	103
5.4.	Saran	104

DAFTAR PUSTAKA	107
LAMPIRAN	111
BIODATA PENULIS	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Hubungan antara <i>Human Development Index</i> dengan <i>Ecological Footprint</i> (Word Wide Fund, 2006)	1
Gambar 1. 2 Contoh produk – produk <i>water footprint</i> (Hoekstra and Mekonnen, 2011)	3
Gambar 1. 3 Grafik Nilai <i>Water Footprint</i> (Sumber: Hoekstra and Mekonnen, 2011)	6
Gambar 1. 4 Grafik Indeks Pembangunan Manusia (Sumber: Badan Pusat Statistika Jawa Timur, 2016).....	6
Gambar 1. 5 Grafik PDRB Jawa Timur (Sumber: Bada Pusat Statistik Jawa Timur, 2016)	7
Gambar 2. 1 Skema Akuntansi <i>Water Footprint Nasional</i> (Sumber: Hoekstra et al, 2011)	12
Gambar 2. 2 Indeks <i>Water Footprint</i> (Sumber: Hoekstra, 2011)	13
Gambar 2. 3 Kontribusi Negara Terhadap Indeks <i>Water Footprint</i> (Sumber: Hoekstra, 2011)	13
Gambar 2. 4 Indeks Kesejahteraan Rakyat (Badan Pusat Statistik, 2016)	18
Gambar 2. 5 <i>Causal loop diagram</i> (CLD), (a) <i>reinforcing feedback</i> dan (b) <i>balancing feedback</i>	25
Gambar 2. 6 Diagram SFD.....	26
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penelitian	29
Gambar 4. 1 Peta Provinsi Jawa Timur (eastjava.com)	37
Gambar 4. 2 Industri Manufaktur Jawa Timur (Badan Pusat Statistika Jawa Timur 2016)	46
Gambar 4. 3 Produksi Agrikultur (Sumber: Badan Pusat Statistika Jawa Timur 2016)	48
Gambar 4. 4 Luas Areal Panen (Sumber: Badan Pusat Statistika Jawa Timur 2016)	48
Gambar 4. 5 <i>Input Output</i> Diagram	49
Gambar 4. 6 <i>Causal Loop</i> Diagram Utama.....	50

Gambar 4. 8 Modul -Modul Sistem yang Dikembangkan	51
Gambar 4. 8 <i>Causal Loop Diagram</i>	51
Gambar 4. 9 Model Utama Sistem <i>Water Footprint</i> Jawa Timur	62
Gambar 4. 10 Submodel Kesejahteraan Masyarakat.....	63
Gambar 4. 11 Submodel <i>Water Footprint</i> Jawa Timur	64
Gambar 4. 12 Submodel Sektor <i>Household</i>	65
Gambar 4. 13 Submodel Sektor Industri	66
Gambar 4. 14 Submodel Sektor Jasa	68
Gambar 4. 15 Submodel Sektor Transportasi.....	69
Gambar 4. 16 Verifikasi Model Keseluruhan.....	70
Gambar 4. 17 Verifikasi Unit Model.....	70
Gambar 4. 18 Uji Parameter Submodel Kesejahteraan masyarakat	72
Gambar 4. 19 Uji Parameter Submodel Kesejahteraan Masyarakat	72
Gambar 4. 20 Uji Parameter Submodel <i>WaterFootprint</i> Jawa Timur.....	72
Gambar 4. 21 Uji Parameter Submodel <i>Household</i>	73
Gambar 4. 22 Uji Parameter Submodel Agrikultur	73
Gambar 4. 23 Uji Parameter Submodel Industri	73
Gambar 4. 24 Uji Parameter Submodel Jasa	74
Gambar 4. 25 Uji Kondisi Ekstrim PDRB terhadap IPM	75
Gambar 4. 26 Uji Kondisi Ekstrim Konsumsi per Pelanggan Terhadap Volume Air yang Dibutuhkan	75
Gambar 4. 27 Uji Kondisi Ekstrim Alokasi Pengeluaran Terhadap Unit Industri	76
Gambar 4. 28 Uji Kondisi Ekstrim Alokasi Pengeluaran Terhadap Unit Jasa.....	76
Gambar 4. 29 Uji Kondisi Ekstri Permintaan Terhadap Persediaan	76
Gambar 4. 30 Grafik Simulasi Submodel Kesejahteraan Masyarakat	80
Gambar 4. 31 Simulasi Submodel Kesejahteraan Masyarakat.....	81
Gambar 4. 32 Simulasi <i>Water Footprint</i>	82
Gambar 4. 33 Simulasi Submodel Sektor Industri	83
Gambar 4. 34 Simulasi Submodel Sektor Jasa	84
Gambar 4. 35 Simulasi Submodel Sektor <i>household</i>	85
Gambar 4. 36 Simulasi Submodel Agrikultur	85
Gambar 4. 37 Simulasi Submodel Agrikultur	86

Gambar 4. 38 Simulasi Submodel Agrikultur.....	86
Gambar 5. 1 Pembangunan Model Skenario.....	90
Gambar 5. 2 Pembangunan Model Skenario.....	90
Gambar 5. 3 Pembangunan Model Skenario.....	91
Gambar 5. 4 Pembangunan Model Skenario.....	91
Gambar 5. 5 Pembangunan Model Skenario.....	92
Gambar 5. 6 Hasil Simulasi Skenario 1	93
Gambar 5. 7 Hasil Simulasi Skenario 2	93
Gambar 5. 8 Hasil Simulasi Skenario 3	94
Gambar 5. 9 Hasil Simulasi Skenario 4	95
Gambar 5. 10 Hasil Simulasi Skenario 5	96
Gambar 5. 11 Hasil Simulasi Skenario 5	97

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Contoh Jumlah <i>Water Footprint</i> dari Beberapa Produk	3
Tabel 1. 2 Data <i>Water Footprint</i> Periode 2006-2010	4
Tabel 1. 3 Rata-Rata <i>Water Footprint</i> untuk Produk Pertanian Di Indonesia Periode 2006-2010	4
Tabel 4. 1 Data Kependudukan Jawa Timur	39
Tabel 4. 2 Perkembangan Indikator Kesejahteraan Masyarakat	40
Tabel 4. 3 <i>Water Footprint</i> Provinsi Indonesia	42
Tabel 4. 4 Kapasitas Produksi Air Bersih Di Jawa Timur	43
Tabel 4. 5 Sumber Air yang Digunakan Oleh Setiap Bakorwil	44
Tabel 4. 6 Jenis Pelanggan yang Mengonsumsi Air Bersih	44
Tabel 4. 7 Penggolongan Industri Berdasarkan Jumlah Tenaga Kerja	45
Tabel 4. 8 Identifikasi Keterkaitan Antar Variabel	52
Tabel 4. 9 Identifikasi Variabel <i>Stock Flow</i> Diagram Sektor Kesejahteraan Masyarakat	54
Tabel 4. 10 Identifikasi Variabel <i>Stock Flow</i> Diagram Sektor <i>Water Footprint</i> ..	55
Tabel 4. 11 Identifikasi Variabel <i>Stock Flow</i> Diagram Sektor <i>Household</i>	55
Tabel 4. 12 Identifikasi Variabel <i>Stock Flow</i> Diagram Sektor Industri	57
Tabel 4. 13 Identifikasi Variabel <i>Stock Flow</i> Diagram Sektor Jasa	58
Tabel 4. 14 Identifikasi Variabel <i>Stock Flow</i> Diagram Sektor Agrikultur	59
Tabel 4. 15 Perhitungan <i>Error</i> antara Data Aktual dan Data Simulasi Indeks Pembangunan Manusia	78
Tabel 4. 16 Perhitungan <i>Error</i> antara Data Aktual dan Data Simulasi PDRB Perkapita	78
Tabel 4. 17 Perhitungan <i>Error</i> antara Data Aktual dan Data Simulasi Jumlah Penduduk	78
Tabel 4. 18 Perhitungan <i>Error</i> antara Data Aktual dan Data Simulasi Jumlah Layanan Pendidikan	78
Tabel 4. 19 Perhitungan <i>Error</i> antara Data Aktual dan Data Simulasi Produksi Padi	79

Tabel 4. 20 Perhitungan <i>Error</i> antara Data Aktual dan Data Simulasi Jumlah Industri.....	79
Tabel 4. 21 Perhitungan <i>Error</i> antara Data Aktual dan Data Simulasi Konsumsi Air.....	79
Tabel 5. 1 Penentuan Skenario	88
Tabel 5. 2 Kebijakan Substitusi Sumber Energi.....	89
Tabel 5. 3 Perbandingan IPM untuk <i>Output</i> Skenario 1, 2, 3 dan Eksisting.....	98
Tabel 5. 4 Perbandingan IPM untuk <i>Output</i> Skenario 4, 5, 6 dan Eksisting.....	98
Tabel 5. 5 Perbandingan Total <i>Water Footprint</i> untuk <i>Output</i> Skenario 1, 2, 3 dan Eksisting	99
Tabel 5. 6 Perbandingan Total <i>Water Footprint</i> untuk <i>Output</i> Skenario 4, 5, 6 dan Eksisting	99

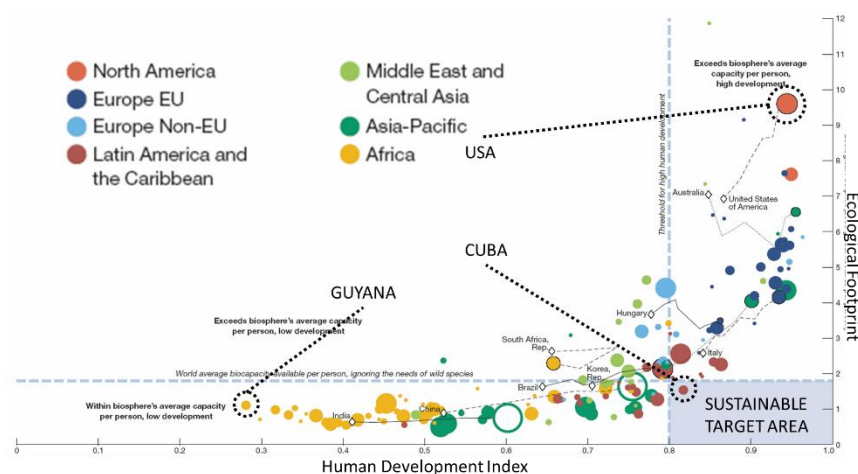
BAB 1

PENDAHULUAN

Pada Bab 1 dijelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, permasalahan yang akan diselesaikan, tujuan, manfaat, dan ruang lingkup dari penelitian. Selain itu juga disampaikan sistematika penulisan yang digunakan dalam laporan penelitian.

1.1. Latar Belakang

Suryanegara (1977) mengatakan bahwa secara definisi sumber daya alam adalah unsur-unsur lingkungan alam, baik secara fisik maupun hayati yang diperlukan manusia dalam memenuhi kebutuhannya guna meningkatkan kesejahteraan hidup. Hal tersebut sesuai dengan penelitian *Global Footprint Network* yang mengemukakan bahwa *happiness index* suatu negara berbanding lurus dengan *ecological footprint index* dari negara tersebut, di mana negara maju cenderung akan memiliki *ecological footprint index* yang lebih tinggi dari pada negara berkembang. *Ecological footprint* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengukur kebutuhan manusia akan sumber daya alam (*Global Footprint Network*, 2010). Berikut merupakan data hubungan antara *human developement index* dengan *ecological footprint*.



Gambar 1. 1 Hubungan antara *Human Development Index* dengan *Ecological Footprint* (Word Wide Fund, 2006)

Air merupakan sumber daya alam yang dianggap melimpah dan tidak akan pernah habis. Lebih dari 70% permukaan bumi terdiri dari air. Tetapi pada kenyataannya, terutama seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, manusia seringkali tidak mengindahkan pentingnya pelestarian. Padahal air yang dapat dikonsumsi atau dimanfaatkan oleh manusia hanya 5% dari total air di muka bumi ini (Hoekstra and Chapagain, 2008). Saat ini penggunaan air di dunia naik dua kali lipat lebih dibandingkan dengan seabad silam, namun ketersediaannya justru menurun (Jacques Diouf, 2011). Akibatnya, terjadi kelangkaan air yang harus ditanggung oleh lebih dari 40% penduduk bumi. Karena keadaan tersebut, beberapa konsep muncul sebagai respons akan masalah ini, salah satunya konsep *water footprint* (WF) yang merupakan bagian dari *ecological footprint*.

Water footprint (WF) adalah suatu konsep yang digunakan untuk melacak jumlah air yang dipergunakan oleh seseorang, suatu komunitas dan bisnis tertentu, ataupun yang digunakan untuk menghasilkan suatu produk. Konsep ini pertama kali dicetuskan oleh Prof. A.Y. Hoekstra dari *University of Twente* pada tahun 2002 sebagai suatu indikator dari penggunaan air. Konsep WF ini meliputi dimensi waktu dan ruang yang berkaitan dengan kapan dan di mana air itu digunakan. Informasi dari *water footprint* suatu produk ataupun suatu komunitas akan membantu kita memahami bagaimana caranya mencapai keberlanjutan dan pemerataan dalam penggunaan sumber daya air tawar. WF dari suatu produk mengindikasikan jumlah air yang terkandung di dalam produk tersebut, tidak terkandung dalam makna sebenarnya, tetapi secara virtual. Diartikan secara virtual karena menunjukkan total air yang digunakan pada seluruh proses produksi produk tersebut yang meliputi jumlah air hujan (*green water footprint*), air permukaan dan dalam tanah (*blue water footprint*) dan juga air yang diperlukan untuk mengolah limbah dari produk tersebut (*grey water footprint*). Sebagai contoh, untuk memproduksi sebuah kemeja katun, mulai dari proses penanaman kapas, pemanenan, penggilingan, pembuatan benang, dan seterusnya, *water footprint*-nya adalah sebesar 2500 liter. Selain itu, beberapa contoh jumlah WF dari produk lainnya yang biasa kita konsumsi sehari-hari di antaranya dapat dilihat pada Tabel 1.1 dan Gambar 1.2.

Tabel 1. 1 Contoh Jumlah *Water Footprint* dari Beberapa Produk

Produk	<i>Water Footprint</i>
1 buah t-shirt	2.700 liter
1 cangkir kopi	140 liter
100 gr coklat	2.400 liter
1 kg pasta kering	1.560 liter
1 kg gula putih	1.500 liter
1 kg tomat	180 liter
1 hamburger	2.400 liter
1 kg bahan kulit	16.600 liter

Sumber: Hoekstra and Mekonnen, 2011



Gambar 1. 2 Contoh produk – produk *water footprint* (Hoekstra and Mekonnen, 2011)

WF dari produk didapatkan dengan menghitung jumlah air yang digunakan dalam seluruh proses produksinya. Dengan adanya penemuan hasil WF beberapa produk yang biasa dikonsumsi sehari-hari tersebut, dapat dilakukan penghitungan berapa sebenarnya WF seseorang dalam 1 hari, 1 minggu, 1 bulan, ataupun 1 tahun. Selain itu, dapat dihitung juga total WF dari suatu provinsi dan suatu negara per kapita, bahkan perkiraan WF secara global dari semua negara di seluruh dunia. Hoekstra and Mekonnen (2011) mengungkapkan bahwa rata-rata jumlah WF dari seluruh manusia di dunia adalah $1.240 \text{ m}^3/\text{kapita}/\text{tahun}$. Kenyataannya, beberapa negara mempunyai WF yang lebih tinggi dari WF rata-rata dunia, misalnya WF dari Amerika Serikat sebesar $2.480 \text{ m}^3/\text{kapita}/\text{tahun}$, Iran sebesar $1.624 \text{ m}^3/\text{kapita}/\text{tahun}$, dan WF dari Indonesia sebesar $1.317 \text{ m}^3/\text{kapita}/\text{tahun}$. Jumlah WF tiap negara bervariasi karena dipengaruhi oleh beberapa faktor. Penduduk di Amerika memiliki WF yang tinggi ternyata memiliki kebiasaan mengonsumsi daging yang banyak, di mana satu kilogram

daging membutuhkan 16.000 liter air. Lain halnya dengan penduduk Indonesia yang mengonsumsi air kebanyakan untuk produksi produk-produk pertanian. Berikut tersaji data *water footprint* beberapa negara, yakni pada Tabel 1.2.

Tabel 1. 2 Data *Water Footprint* Periode 2006-2010

Negara	Water Footprint untuk Agrikultur			Water Footprint untuk Industri		Water Footprint untuk Household		Total Water Footprint		
	Green	Blue	Grey	Blue	Grey	Blue	Grey	Green	Blue	Grey
Indonesia	292.347	11.938	20.778	28	517	662	5886	292.347	12.627	27.182
Jepang	18.755	1.984	2.471	790	4.953	1.740	8805	21.337	4.854	16.230
Amerika	611.971	95.905	118.160	11.030	59.937	6.544	25.557	732.967	116.841	203.655
Kuba	18.577	1.823	629	50	581	156	993	20.587	2.130	2.204

Sumber: Hoekstra and Mekonnen, 2011

Berdasarkan Tabel 1.2, nilai WF negara Indonesia tinggi pada bidang pertanian. Berikut disajikan Tabel 1.3 berisi rata-rata *water footprint* untuk produk pertanian di Indonesia.

Tabel 1. 3 Rata – Rata *Water Footprint* untuk Produk Pertanian Di Indonesia Periode 2006-2010

Produk Pertanian	Water Footprint (m ³ /ton)			
	Green	Blue	Grey	Total
Beras	2527	735	212	3473
Jagung	2395	75	13	2483
Ketela	487	8	19	514
Kedelai	1644	314	0	1958
Kacang Tanah	2962	162	0	3124
Kelapa	2881	0	16	2896
Kelapa Sawit	802	0	51	853
Pisang	875	0	0	875
Kopi	21904	0	1003	22907
Kakau	8895	0	519	9414

Sumber: Hoekstra and Mekonnen, 2011

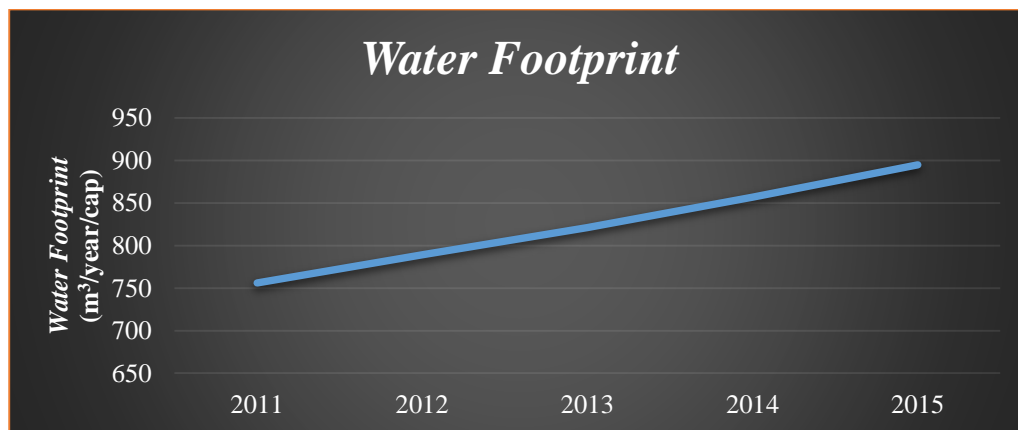
Sesuai dengan definisi sumber daya alam dari Suryanegara, faktor-faktor WF tersebut secara tidak langsung memiliki keterkaitan yang berbanding lurus dengan kesejahteraan manusia. Ketika faktor kesejahteraan meningkat, maka *water footprint* akan cenderung meningkat dan sebaliknya. Kesejahteraan merupakan kondisi dapat memenuhi kebutuhan dasar baik material maupun non-material yang mencakup aspek gizi dan kesehatan, pengetahuan, dan kekayaan materi dimana indikator yang banyak digunakan adalah indikator pendapatan dan

pengeluaran, tingkat pendidikan, pekerjaan dan kepemilikan asset dari masyarakat (Faturokhman, et al., 1995). Indikator tersebut secara langsung maupun tidak langsung berpengaruh terhadap total WF pada suatu daerah, seperti misalnya pendapatan akan mempengaruhi jumlah penggunaan produk industri serta hubungan lain antar-indikator pada indeks WF dengan indikator pada kesejahteraan masyarakat.

Peningkatan kesejahteraan yang diiringi dengan peningkatan konsumsi terhadap sumber daya air di Indonesia bukan tanpa permasalahan. Berdasarkan data dari Kementerian Riset dan Teknologi, pada tahun 2000 secara nasional ketersediaan air permukaan hanya mencukupi 23% dari kebutuhan penduduk. Sementara itu, Pulau Jawa dan Bali kondisinya sudah defisit air sejak tahun 1995. Saat musim kemarau, di Jawa terjadi defisit air sekitar 130 ribu juta meter kubik per tahun. Maka tidak aneh jika setiap musim kemarau di Jawa dan Bali seringkali terjadi krisis air di beberapa daerah. Krisis air tersebut menyebabkan terganggunya stabilitas ketersediaan air bagi masyarakat. Banyak masyarakat yang kesulitan mendapatkan akses air sehingga harus berjalan berkilo-kilo untuk mendapatkan air. Air yang didapat pun tak jarang memiliki kualitas dibawah standar. Penyediaan air minum di Indonesia masih menjadi sesuatu yang kompleks. Di Indonesia, salah satu kendala utama dalam penyediaan air bersih adalah terbatasnya pasokan air. Sebagian besar perusahaan daerah air minum (PDAM) beroperasi dengan mengandalkan air baku dari air sungai. Sementara sungai yang ada sudah banyak mengalami degradasi yang disebabkan kerusakan daerah aliran sungai (DAS), masalah antropogenik, dan melemahnya perlindungan terhadap sungai. Faktor perubahan iklim juga menyebabkan *trend* (kecenderungan) debit sungai mengecil secara signifikan. Debit Sungai Bengawan Solo turun hingga 44,18 m³/det, Sungai Serayu turun hingga 45,76 m³/det, dan sungai Cisadane turun hingga 45,10 m³/det.

Berdasarkan luas wilayah serta karakteristik dari masing-masing daerah di Pulau Jawa dan Bali, maka penelitian dilakukan di Jawa Timur sebagai provinsi yang memiliki luas wilayah terbesar di Pulau Jawa. Luas Provinsi Jawa Timur adalah 47.922 km² dan jumlah penduduknya sebanyak 37.476.757 jiwa, yang terbagi menjadi 38 Kabupaten. Dengan jumlah penduduk tersebut, Provinsi Jawa

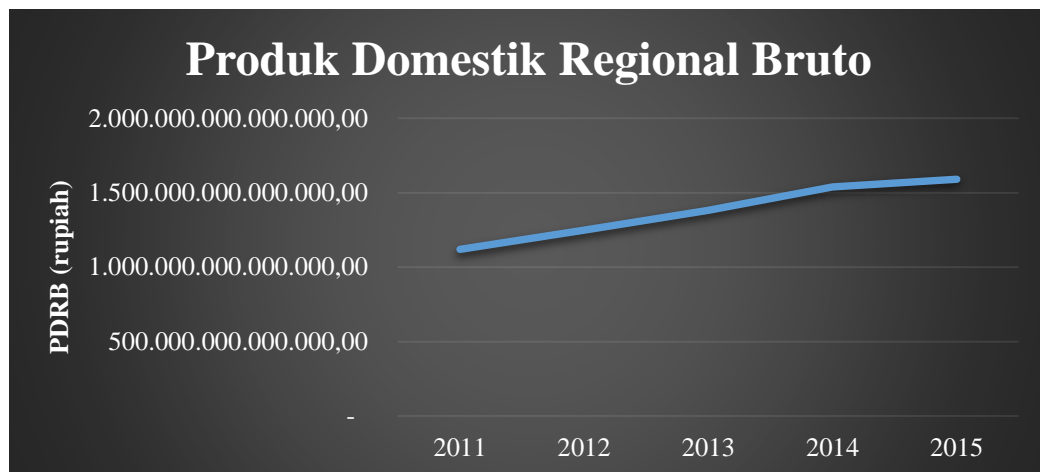
Timur harus memproduksi air bersih 27.607 liter/detik, mengairi 1,016 juta ha perkebunan dan 1,17 juta ha sawah, serta menyediakan air guna proses industri sebanyak 807.903 unit industri. Data tersebut membuat Provinsi Jawa Timur merupakan memiliki indeks yang tinggi di Pulau Jawa. Kebutuhan air di Jawa Timur secara tidak langsung berbanding lurus dengan kesejahteraan masyarakat. Hal tersebut dapat dilihat dari segi signifikansi perekonomian yang cukup tinggi. Pada tahun 2013, produk domestic regional bruto (PDRB) Jawa Timur meningkat sebesar 6.14% mencapai 419 milyar Rupiah, dan berkontribusi sebesar 14,85% terhadap produk domestic bruto nasional. Berikut ditampilkan grafik hubungan antara indeks pembangunan manusia Provinsi Jawa Timur, PDRB Provinsi Jawa Timur, dan *water footprint* Jawa Timur.



Gambar 1. 3 Grafik Nilai *Water Footprint* (Sumber: Hoekstra and Mekonnen, 2011)



Gambar 1. 4 Grafik Indeks Pembangunan Manusia (Sumber: Badan Pusat Statistika Jawa Timur, 2016)



Gambar 1. 5 Grafik PDRB Jawa Timur (Sumber: Bada Pusat Statistik Jawa Timur, 2016)

Berdasarkan latar belakang dan karakteristik daerah yang didukung oleh kompleksitas variabel serta keterkaitan satu dengan lainnya, ditetapkan Jawa Timur sebagai objek yang tepat untuk dimodelkan menggunakan metode sistim dinamik agar dapat diketahui perilaku dari masing-masing elemen sistem yang terlibat di dalamnya. Menjadi hal penting bagi peneliti untuk mengkaji kebijakan pemerintah yang seharusnya diterapkan agar menjaga keberlangsungan sumber daya alam khususnya sumber daya air di Provinsi Jawa Timur. Dalam penelitian ini akan dilakukan pemodelan dinamis dan pembuatan skenario kebijakan penurunan indeks *water footprint* pengaruhnya terhadap kesejahteraan masyarakat.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang yang telah dipaparkan pada sub-bab sebelumnya, dapat dirumuskan bahwa permasalahan yang akan menjadi topik dalam penelitian ini adalah membangun skenario capaian indeks *water footprint* serta mengetahui pengaruhnya terhadap kesejahteraan masyarakat Provinsi Jawa Timur.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menjelaskan dinamika kesejahteraan masyarakat kaitannya dengan konsumsi air di Jawa Timur berbasis indeks *water footprint*.

2. Membuat dan melakukan analisa skenario kebijakan dalam menurunkan indeks *water footprint* hubungannya terhadap kesejahteraan masyarakat di Jawa Timur.

1.4. **Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang ingin diperoleh setelah melakukan penelitian adalah skenario dapat menjadi pertimbangan atas kebijakan pemerintah dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat Provinsi Jawa Timur yang *sustainable* serta model representatif sebagai dasar pengembangan model dinamis selanjutnya.

1.5. **Ruang Lingkup Penelitian**

Dalam sub-bab ruang lingkup penelitian akan menjelaskan batasan dan asumsi yang digunakan dalam melakukan penelitian. Berikut merupakan penjelasan batasan dan asumsi.

1.5.1. *Batasan*

Adapun yang menjadi batasan dalam penelitian ini yaitu lingkup penelitiannya merupakan daerah Jawa Timur. Penelitian ini berfokus pada indeks *water footprint* yang mempengaruhi kesejahteraan masyarakat.

1.5.2. *Asumsi*

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah semua *stakeholder* yang terlibat dalam sistem yang diteliti dapat melihat secara objektif terhadap skenario yang dikembangkan.

1.6. **Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan laporan penelitian ini terdiri dari enam bab, yakni pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi penelitian, perancangan model simulasi, model skenario kebijakan, serta kesimpulan dan saran. Berikut merupakan penjelasan singkat masing-masing bab dari sistematika penulisan dalam penelitian ini:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab pendahuluan ini berisi latar belakang dilakukannya penelitian, permasalahan yang akan diselesaikan, tujuan, manfaat, dan ruang lingkup dari penelitian. Selain itu juga dipaparkan sistematika penulisan yang digunakan dalam laporan penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab tinjauan pustaka berisi studi literatur terkait penelitian. Studi literatur ini digunakan sebagai acuan dasar dalam menentukan metode yang sesuai untuk menyelesaikan masalah pada penelitian ini. Pada penelitian ini tinjauan pustaka yang dibahas adalah mengenai *water footprint*, kesejahteraan masyarakat serta konsep pemodelan sistem dinamik.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab metodologi penelitian berisi metode penelitian yang digunakan penulis untuk menyelesaikan permasalahan pada penelitian ini. Selain itu juga akan dipaparkan urutan pengerjaan penelitian dari tahap perumusan masalah sampai tahap penarikan kesimpulan akhir dalam bentuk diagram alir metodologi penelitian.

BAB 4 PERANCANGAN MODEL SIMULASI

Bab perancangan model simulasi akan dipaparkan perancangan model simulasi awal kondisi eksisting sistem yang kemudian akan dijadikan acuan pada pembuatan skenario kebijakan.

BAB 5 MODEL SKENARIO KEBIJAKAN

Bab model skenario kebijakan akan dipaparkan dampak penerapan masing-masing skenario kebijakan yang diuji terhadap model simulasi awal kondisi eksisting sistem. Pengujian dilakukan terhadap variabel-variabel yang secara signifikan mempengaruhi *output* sistem.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab kesimpulan dan saran berisi kesimpulan yang didapatkan sesuai dengan tujuan penelitian. Selain itu disampaikan pula saran yang ditujukan kepada *stakeholder* terkait dan penelitian selanjutnya.

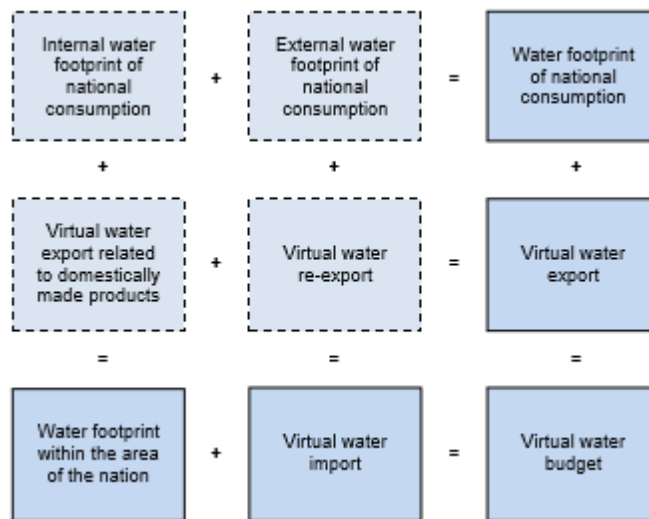
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab 2 dijelaskan mengenai tinjauan pustaka yang digunakan dalam pembuatan laporan penelitian ini meliputi *water footprint*, kesejahteraan masyarakat serta konsep pemodelan sistem dinamik.

2.1. *Water Footprint*

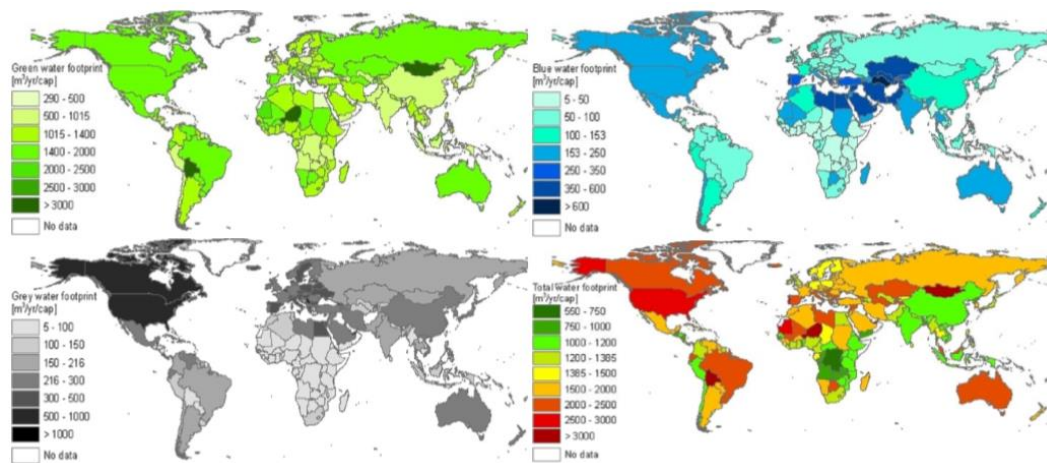
Konsep *water footprint* pertama kali dicetuskan oleh Prof. A.Y. Hoekstra dari *University of Twente* pada tahun 2002 sebagai suatu indikator dari penggunaan air. *Water footprint* (WF) adalah suatu konsep yang digunakan untuk melacak jumlah air yang dipergunakan oleh seseorang, suatu komunitas dan bisnis tertentu, ataupun yang digunakan untuk menghasilkan suatu produk. Jumlah konsumsi air tersebut akan dibandingkan dengan seberapa lingkungan sekitar mampu untuk memproduksi air (*recovery*), sehingga perbandingan tersebut menghasilkan nilai indeks WF. Konsep WF ini meliputi dimensi waktu dan ruang yang berkaitan dengan kapan dan di mana air itu digunakan. Informasi dari WF suatu produk ataupun suatu komunitas akan membantu dalam memahami bagaimana cara mencapai keberlanjutan dan pemerataan dalam penggunaan sumber daya air tawar. WF dari suatu produk mengindikasikan jumlah air yang terkandung di dalam produk tersebut, tidak terkandung dalam makna sebenarnya, tetapi secara virtual. Diartikan secara virtual karena menunjukkan total air yang digunakan pada seluruh proses produksi produk tersebut yang meliputi jumlah air hujan (*green water footprint*), air permukaan dan dalam tanah (*blue waterfootprint*) dan juga air yang diperlukan untuk mengolah limbah dari produk tersebut (*grey water footprint*).



Gambar 2. 1 Skema Akuntansi *Water Footprint Nasional* (Sumber: Hoekstra et al, 2011)

Kerangka perhitungan *water footprint* secara nasional ditunjukkan pada Gambar 2.1. Dapat dilihat bahwa *water footprint* dari konsumsi nasional berbeda dari *water footprint* dalam wilayah pada negara tersebut. *Water footprint* dari produksi nasional yang didefinisikan sebagai total volume air tawar yang dikonsumsi atau tercemar di wilayah negara tersebut sebagai akibat dari kegiatan dalam sektor-sektor ekonomi yang berbeda. Hal ini dapat dihitung dengan menjumlahkan *water footprint* dari semua kegiatan yang membutuhkan air. Umumnya, seseorang dapat membedakan tiga air menggunakan sektor utama, yaitu sektor pertanian, sektor industri dan sektor pasokan air domestik. Di sisi lain, jejak air dari konsumsi nasional didefinisikan sebagai total volume air tawar yang digunakan untuk memproduksi barang dan jasa yang dikonsumsi oleh penduduk bangsa. Ini terdiri dari dua komponen yaitu jejak air internal dan eksternal dari konsumsi nasional.

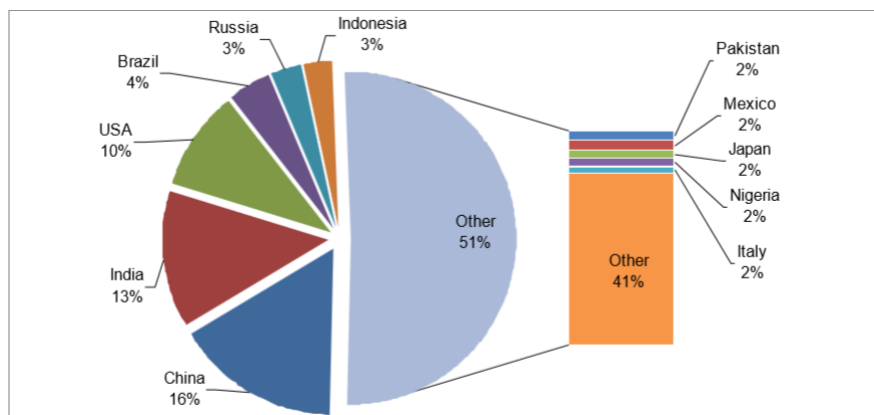
Water footprint adalah indikator geografis eksplisit, tidak hanya menunjukkan volume penggunaan air dan polusi, tetapi juga lokasi. Berikut disajikan indeks *water footprint* dunia pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Indeks *Water Footprint* (Sumber: Hoekstra, 2011)

Water footprint sebuah negara terkait dengan apa yang orang-orang makan (Hoekstra, 2011). Sebagai contoh, adalah pemikiran umum bahwa air terlibat dalam secangkir kopi. Dalam secangkir kopi sebenarnya terdapat 140 liter air yang terlibat yaitu terdiri dari jumlah air yang digunakan untuk tumbuh, memproduksi, dan kapal biji kopi. Sebuah hamburger membutuhkan sekitar 2.400 liter air. Air tersembunyi ini secara teknis disebut air virtual. Oleh karena itu, makan banyak daging berarti membuat indikator *water footprint* besar. Namun, pemahaman lebih diperlukan untuk menghindari kesalahpahaman makna dari *water footprint* makanan.

Berikut disajikan kontribusi berbagai negara terhadap indeks *water footprint* dunia, yakni pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Kontribusi Negara Terhadap Indeks *Water Footprint* (Sumber: Hoekstra, 2011)

2.1.1. Sejarah Water Footprint

Konsep *water footprint* diperkenalkan pada tahun 2002 oleh Arjen Y. Hoekstra dari UNESCO-IHE sebagai indikator alternatif penggunaan air. *Water footprint* adalah salah satu dari keluarga indikator *footprint*, yang di dalamnya juga termasuk *carbon footprint* dan *land footprint*. Konsep *water footprint* lebih lanjut terkait dengan ide *virtual water trade* yang diperkenalkan oleh Profesor John Allan (2008 Stockholm Water Prize Laureate). Penelitian terdahulu yang sudah pernah dilakukan adalah "Jejak Air dari Negara-Negara" dari UNESCO-IHE pada tahun 2004, buku Globalisasi Air pada tahun 2008, dan "Jejak air manual penilaian : Menetapkan standar global " pada tahun 2011. Pada tahun 2008, kerjasama antara lembaga-lembaga terkemuka global di lapangan menyebabkan pembentukan jaringan *water footprint* yang bertujuan untuk mengoordinasikan upaya-upaya untuk lebih mengembangkan dan menyebarluaskan pengetahuan tentang konsep *water footprint*, metode dan alat. Menurut Hoekstra formula yang digunakan untuk menghitung *water footprint* adalah sebagai berikut:

$$WF_{cons} = WF_{cons,dir} + WF_{cons,indir} \text{ (agricultural commodities)} + WF_{cons,indir} \text{ (industrial commodities)} \quad (2.1)$$

Keterangan:

$WF_{cons,dir}$ = konsumsi dan polusi dari pasokan air domestic (Household)

$WF_{cons,indir}$ = penggunaan air untuk membuat komoditas yang dikonsumsi, dimana kita membedakan antara komoditas pertanian dan industri.

$$WF_{cons,dir} \text{ (agricultural commodities)} = \sum_p (C[p] \times WF_{prod}^*[p]) \quad (2.2)$$

$$WF_{prod}^*[p] = \frac{P[p] \times WF_{prod}^*[p] + \sum_{n_e} (\tau_i[n_e, p] \times WF_{prod}[n_e, p])}{P[p] + \sum_{n_e} \tau_i[n_e, p]} \quad (2.3)$$

$$WF_{cons,ext} = \frac{V_i}{WF_{area} + V_i} \times WF_{cons} \quad (2.4)$$

$$WF_{cons,int} = \frac{WF_{area}}{WF_{area} + V_i} \times WF_{cons} \quad (2.5)$$

Keterangan:

$P[p]$ = Banyaknya produksi produk p

$WF_{prod}^*[p]$ = *Water footprint* produk p

$\tau_i[n_e, p]$ = Banyaknya produk p yang diimpor

2.1.2. *Water Footprint Network*

Water footprint network adalah komunitas belajar internasional (yayasan non-profit di bawah hukum Belanda) yang berfungsi sebagai platform untuk menghubungkan masyarakat tertarik keberlanjutan, pemerataan dan efisiensi penggunaan air. Organisasi ini memiliki dua program kerja yaitu Program Kerja Teknis dan Program Kerja Kebijakan. Selain itu, ada Forum Mitra yang menawarkan mitra dari WFN cara menerima, memberikan kontribusi dan bertukar pengetahuan dan pengalaman di *water footprint*. Berikut macam – macam jenis air yang diliti.

- Blue Water Footprint

Blue water footprint adalah volume air tawar yang menguap dari sumber air biru global (air permukaan dan air tanah) untuk menghasilkan barang dan jasa yang dikonsumsi oleh individu atau masyarakat (baik hilang melalui evapotranspirasi, yang tergabung dalam produk atau ditransfer ke non-tangkapan biru).

- Green Water Footprint

Green water footprint adalah volume air menguap dari sumber air hijau global (air hujan yang disimpan dalam tanah sebagai air tanah) selama produksi atau mereka yang tergabung dalam produk.

- Grey Water Footprint

Grey water footprint adalah volume air tercemar yang mengaitkan dengan produksi semua barang dan jasa bagi individu atau masyarakat. Jenis ini dapat diperkirakan sebagai volume air yang diperlukan untuk mencairkan polutan sedemikian rupa agar kualitas air tetap pada atau di atas standar kualitas air yang telah disepakati. Dengan demikian dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$WF_{\text{proc, grey}} = \frac{L}{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}} \quad (2.6)$$

Keterangan :

- L = beban polutan (sebagai fulks massa)
- C_{max} = konsentrasi maksimum yang diijinkan
- C_{nat} = konsentrasi alami dari bahan pencemar terhadap air penerima
(baik dinyatakan dalam massa / volume)

2.1.3. Standar Internasional Water Footprint

Pada bulan Februari 2011, *Water Footprint Network* dalam upaya kolaborasi global organisasi lingkungan yang terdiri dari perusahaan, lembaga penelitian dan PBB meluncurkan Global Air Footprint Standard. Kemudian pada tanggal 24 Juli 2014, ISO menerbitkan ISO 14046: 2014 yang berisi *Environmental Management-Water Footprint-Principles*. Standar ISO terbentuk berdasarkan prinsip penilaian siklus hidup atau *lyfe cycle analysis* (LCA) dan dapat diterapkan untuk berbagai macam *water footprint assessment* yaitu untuk produk, perusahaan, negara atau daerah aliran sungai.

Life Cycle Analysis (LCA) adalah pendekatan sistematis untuk menilai aspek lingkungan dan dampak potensial yang berkaitan dengan produk, proses atau jasa. *Life cycle* mengacu pada proses pembuatan sebuah produk mulai dari pembuatannya, penggunaan, pemeliharaan, sampai dengan pembuangan akhir serta termasuk akuisisi bahan baku yang dibutuhkan untuk memproduksi produk tersebut. Sehingga metode untuk menilai dampak lingkungan dari konsumsi air tawar dikembangkan dengan melihat kerusakan tiga bidang perlindungan yaitu

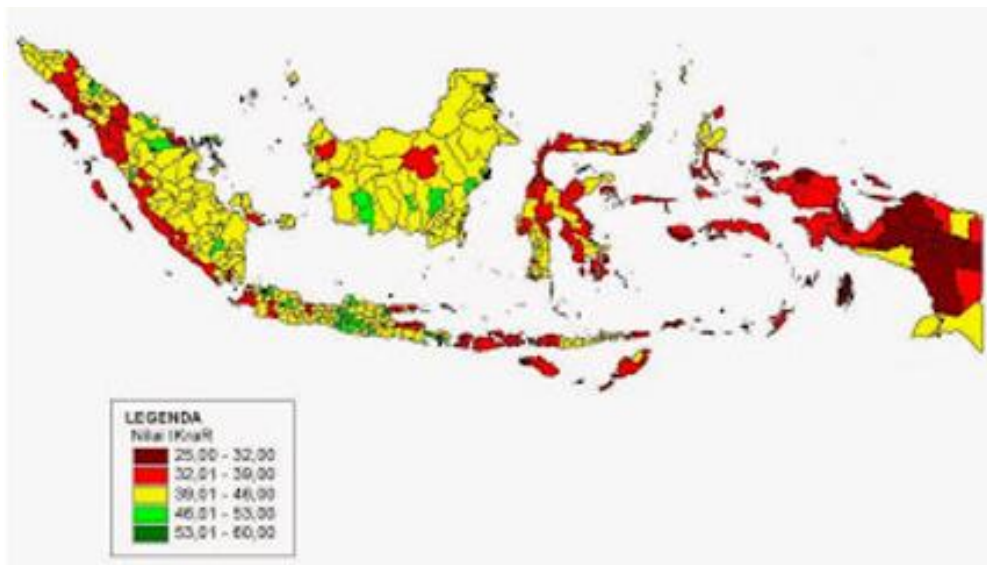
kesehatan manusia, kualitas ekosistem, dan sumber daya. Pertimbangan konsumsi air sangat penting di mana produk air-intensif (misalnya barang pertanian) sangat dibutuhkan untuk keberlangsungan hidup. Selain itu, penilaian daerah sama-sama diperlukan sebagai dampak dari penggunaan air pada lokasi. Singkatnya, LCA sangatlah penting karena mengidentifikasi dampak dari penggunaan air dalam produk tertentu, konsumen, perusahaan, dan negara yang dapat membantu mengurangi jumlah air yang digunakan.

2.2. **Kesejahteraan Masyarakat**

Istilah kesejahteraan berasal dari kata sejahtera yang berarti aman sentosa dan makmur, serta dapat berarti selamat terlepas dari gangguan. Sedangkan kesejahteraan diartikan dengan hal atau keadaan sejahtera, keamanan, keselamatan dan ketentraman. Istilah kesejahteraan erat kaitannya dengan tujuan Negara Indonesia. Negara didirikan, dipertahankan, dan dikembangkan guna kepentingan seluruh rakyat, yaitu untuk menjamin dan memajukan kesejahteraan umum. Hal ini secara nyata dituangkan dalam pembukaan UUD 1945 yang berbunyi:

”Kemudian daripada itu untuk membentuk suatu pemerintah Negara Indonesia yang melindungi segenap bangsa Indonesia dan seluruh tumpah darah Indonesia dan untuk memajukan kesejahteraan umum, mencerdaskan kehidupan bangsa dan ikut melaksanakan ketertiban dunia berdasarkan kemerdekaan, perdamaian, abadi dan keadilan sosial, maka disusunlah kemerdekaan kebangsaan Indonesia itu dalam suatu Undang-Undang dasar Negara Indonesia”.

Dengan melihat pembukaan UUD 1945 di atas, dapat dikemukakan bahwa tujuan Negara Indonesia adalah melindungi seluruh bangsa dan tumpah darah Indonesia, memajukan kesejahteraan umum, mencerdaskan kehidupan bangsa, dan ikut serta melaksanakan ketertiban dunia berdasarkan kemerdekaan, perdamaian abadi dan keadilan sosial. Oleh karenanya Negara Indonesia berkewajiban untuk memenuhi kebutuhan hidup warga negaranya. Sebagaimana dinyatakan oleh Aristoteles bahwa suatu negara dibentuk untuk menyelenggarakan hidup yang baik bagi semua warganya .



Gambar 2. 4 Indeks Kesejahteraan Rakyat (Badan Pusat Statistik, 2016)

Walaupun demikian, kesejahteraan umum (keadilan sosial) sebagai tujuan negara bukan berarti kewajiban negara untuk menciptakan kesejahteraan seluruh rakyat, sehingga rakyat tidak berupaya untuk mewujudkan kesejahteraan bagi dirinya sendiri, akan tetapi mempunyai hak dan kewajiban untuk mencapai kesejahteraannya. Negara hanya bertugas untuk menciptakan suasana atau keadaan yang memungkinkan rakyat dapat menikmati hak-haknya sebagai warga negara dan mencapai kesejahteraan mereka semaksimal mungkin. Dalam rangka mewujudkan kesejahteraan tersebut, komponen utama yang harus dipenuhi adalah adanya kepastian hukum dan tersedianya barang dan jasa kebutuhan hidup bagi semua warga negara.

Kepastian hukum menjadi penting dalam rangka mewujudkan kesejahteraan umum di Indonesia, mengingat Indonesia adalah negara berdasarkan atas hukum (*rechtsstaat*) bukan berdasar pada kekuasaan belaka (*machtsstaat*). Terciptanya negara hukum berarti juga ditaatinya peraturan hukum atau *rule of law* dalam seganap aktivitas negara dan warga negaranya. Unsur-unsur *rule of law* meliputi:

1. Keutamaan aturan-aturan hukum atau supremasi hukum;
2. Kedudukan yang sama dihadapan hukum;
3. Terjaminnya hak-hak asasi manusia.

Keserasian dan keseimbangan antara kepastian hukum dan keadilan sosial atau kesejahteraan umum mutlak diperlukan dalam menjamin hak-hak warga negara. Keserasian keduanya dapat terwujud manakala memenuhi persyaratan:

1. Kaidah-kaidah hukum serta penerapannya mendekati citra masyarakat;
2. Pelaksana penegakan hukum dapat mengemban tugas sesuai tujuan dan keinginan hukum;
3. Masyarakat di mana hukum itu berlaku taat dan sadar akan pentingnya hukum bagi keadilan dan kesejahteraan.

Berkaitan dengan ketersediaan barang dan jasa sebagai ukuran kesejahteraan, ILO (*International Labour Organization*) mengemukakan konsep kebutuhan pokok dalam dua elemen, yaitu:

1. Persyaratan-persyaratan minimum keluarga untuk konsumsi sendiri, antara lain kebutuhan pangan, pakaian, dan perlindungan;
2. Layanan-layanan esensial yang mendasar yang sebagian besar disediakan oleh dan untuk masyarakat seperti air minum bersih, kendaraan umum, sanitasi, fasilitas kesehatan dan fasilitas pendidikan.

Perwujudan masyarakat yang adil dan makmur secara lebih rinci disebutkan oleh Kirdi Dipoyudo berupa tersedianya hal-hal sebagai berikut:

1. Cukup sandang dan pangan dan perumahan yang layak, sehingga ia dapat hidup dengan aman tidak perlu merasa cemas dalam menghadapi kehidupan di masa yang akan datang;
2. Fasilitas kesehatan termasuk tenaga medis, obat-obatan, rumah sakit dan pusat kesehatan masyarakat dengan perlengkapan dan tenaga yang memadai dengan biaya yang terjangkau daya beli masyarakat;
3. Kesempatan pendidikan dalam segala tingkat baik pendidikan umum atau professional kejuruan;
4. Jaminan hari tua, sehingga orang tidak takut menghadapi masa tuanya pada saat dia tidak bisa berdaya mencari nafkah;
5. Sarana perhubungan secukupnya, sehingga dia dengan mudah, cepat dan murah untuk bergerak dalam menghadapi segala urusannya;

6. Sarana komunikasi seperlunya, sehingga dapat mengadakan hubungan dengan orang lain melalui pos, telepon, telegram dan radio dengan cepat dan mudah;
7. Kesempatan kereja yang sesuai keinginan dan kecakapannya;
8. Kesempatan untuk mengembangkan dan menikmati kebudayaan, menyempurnakan hidup moral keagamaan dan kehidupan intelektualnya
9. Memungkinkan untuk istirahat dan menikmati hiburan;

Terwujudnya kesejahteraan warga negara dapat menciptakan struktur masyarakat atau negara yang seimbang dan teratur dengan memberi kesempatan kepada semua warga negara untuk membangun suatu kehidupan yang layak dan mereka yang lemah mendapatkan bantuan dari pemerintah. Karena pemerintah sebagai pimpinan negara mempunyai tugas utama untuk memajukan kesejahteraan umum, tidak hanya kesejahteraan lahir tetapi juga kesejahteraan batin.

Oleh karena begitu luas jangkauan kesejahteraan yang meliputi lahir dan batin ini, kesejahteraan umum berarti diakui dan dihormatinya hak-hak dasar warga negara dan tersedianya barang dan jasa keperluan hidup yang terjangkau oleh daya beli rakyat. Dalam rangka mewujudkan hal ini, negara harus melakukan beberapa hal, yaitu:

- BAB 1 Wajib menetapkan dan menegakkan hak-hak asasi;
- BAB 2 Wajib mengusahakan agar barang dan jasa keperluan hidup dihasilkan dan atau didatangkan mencukupi keperluan hidup warga Negara dan dapat didistribusikan dengan cepat, aman dan dijual dengan harga yang wajar seimbang dengan daya beli warga negara;
- BAB 3 Harus mengusahakan setiap warga negara mampu bekerja secara produktif dengan syarat-syarat kerja yang wajar dan gaji yang mencukupi kebutuhan hidup dan keluarganya;
- BAB 4 Wajib memberikan bantuan seperlunya kepada mereka yang terganggu secara fisik dan mentalnya.

Tingkat kesejahteraan masyarakat antara lain dapat diukur melalui besarnya pendapatan atau pengeluaran. Pengeluaran untuk kebutuhan konsumsi dapat mencerminkan tingkat kemampuan ekonomi masyarakat, dan kemampuan

daya beli masyarakat dapat memberikan gambaran tentang tingkat kesejahteraan masyarakat. Semakin tinggi daya beli masyarakat menunjukkan meningkatnya kemampuan dalam memenuhi kebutuhan hidupnya dan selanjutnya akan berdampak meningkatnya kesejahteraan masyarakat (BPS, 2009). Dalam mengukur kesejahteraan rumah tangga diperlukan indikator moneter, indikator yang banyak digunakan adalah pendapatan dan pengeluaran (BPS, 2009) (The World Bank, 2009). Indikator pengeluaran, dalam hal ini disebut juga konsumsi, dipilih karena sifatnya tetap dan relatif stabil terhadap berfluktuasinya pendapatan dari tahun ke tahun. Suryadarma, Akhmad, & Nina (2005) mengungkapkan bahwa variabel-variabel yang menjadi ciri kesejahteraan suatu keluarga antara lain kepemilikan aset, kepemilikan binatang ternak, status perkawinan kepala rumah tangga, jenis kelamin kepala rumah tangga, tingkat pendidikan kepala rumah tangga dan pasangannya, anggota rumah tangga yang bekerja, sektor pekerjaan, akses terhadap rumah tangga, konsumsi makanan dan indikator kesehatan, indikator kesejahteraan lainnya, serta partisipasi politik dan akses kepada informasi. Jumlah anggota rumah tangga diduga mempunyai keterkaitan erat dengan kesejahteraan rumah tangga karena kemiskinan dihitung berdasar pengeluaran dan jumlah anggota rumah tangga. Makin besar jumlah anggota rumah tangga, makin besar pula risiko untuk menjadi miskin apabila pendapatannya tidak meningkat (Faturokhman, et al., 1995). Umur kepala rumah tangga juga berkaitan dengan kesejahteraan rumah tangga walaupun hubungannya tidak begitu jelas, akan tetapi ada kecenderungan bahwa kepala rumah tangga yang lebih sejahtera lebih tua dibandingkan kepala rumah tangga yang kurang sejahtera.

2.3. **Konsep Pemodelan Sistem Dinamik**

Sistem adalah kumpulan elemen yang saling berinteraksi untuk mencapai tujuan (Blancard, 1991). Analisis terhadap sebuah sistem memerlukan metode yang memperhatikan setiap komponen yang ada pada sistem tersebut. Salah satu *tools* yang dapat memperlihatkan bagaimana kondisi dari sistem secara komperenhensif yaitu sistem dinamik. Menurut Sterman (2000), pendekatan sistem dinamik yang kompleks memerlukan model simulasi untuk menguji,

meningkatkan dan merancang kebijakan baru. Berikut merupakan pengertian system dinamik menurut beberapa sumber.

- Sistem dinamik adalah suatu metode analisis permasalahan di mana waktu merupakan faktor penting dan meliputi pemahaman bagaimana suatu system dapat dipertahankan dari gangguan si luar sistem atau dibuat sesuai dengan tujuan dari pemodelan sistem yang dibuat (Coyle, 1999).
- Sistem dinamik adalah metodologi untuk memahami suatu masalah yang kompleks. Metodologi ini dititik-beratkan pada kebijakan dan bagaimana kebijakan tersebut menentukan tingkah laku masalah-masalah yang dapat dimodelkan oleh sistem dinamik (Richardson & Pugh, 1986).
- Sistem dinamik adalah suatu bidang untuk memahami bagaimana sesuatu berubah menurut waktu. Sistem ini dibentuk oleh persamaan-persamaan diferensial. Persamaan diferensial digunakan untuk masalah-masalah biofisik yang diformulasikan sebagai keadaan di masa datang yang tergantung dari keadaan sekarang (Forrester, 1999).

Berdasarkan beberapa pengertian di atas, sistem dinamik merupakan suatu metodologi untuk menganalisis sebuah system yang kompleks dengan komponen waktu sebagai faktor penting dengan menghunakam hubungan sebab akibat. Dalam sistem dinamik, kompleksitas sistem diwujudkan berdasarkan tiga aspek, yaitu *delay* di antara hubungan kausal, adanya *feedback*, dan beberapa *stock* (Nuhoglu & Nuhoglu, 2007). Sistem dinamik mencoba mempelajari sebagian dari sistem keseluruhan namun tidak mengabaikan sistem amatan dengan lingkungan. Variabel-variabel yang tidak berpengaruh secara signifikan dalam sistem amatan akan menjadi batasan dalam analisis sistem dinamik sehingga sistem amatan menjadi sistem tertutup (Maftuhah, 2013).

Menurut Erma Suryani dalam buku “Permodelan dan Simulasi” (2006), simulasi sistem dinamik merupakan simulasi kontinyu yang dikembangkan oleh Jay Forrester (MIT) tahun 1960-an, berfokus pada struktur dan perilaku sistem yang terdiri antar variabel dan *loop feedback* (umpan balik).

2.3.1. *Langkah Pemodelan Sistem Dinamik*

Menurut Sterman (2000), terdapat lima tahapan dalam mengembangkan model sistem dinamik. Berikut adalah tahapan dan penjelasannya.

Step 1 : Problem Articulation

Pada tahap ini dilakukan identifikasi masalah yang selanjutnya diidentifikasi variable-variabel yang terlihat dalam masalah tersebut. Selanjutnya ditentukan *time horizon* yang digunakan dan mendefinisikan permasalahan dinamik dari masalah yang diangkat.

Step 2 : Dynamic Hypothesis

Pada tahap ini dilakukan perancangan *dynamic hypothesis* berdasarkan identifikasi permasalahan. Perancangan teori ini diikuti dengan formulasi *dynamic hypothesis* yang menjelaskan sisi dinamis dari sistem dengan struktur umpan-balik. Selanjutnya dilakukan *mapping* terhadap permasalahan dengan membuat struktur dari permasalahan dalam beberapa *tools*, yaitu *causal loop diagram* (CAD), *stock and flow diagram*, dan lain-lain.

Step 3 : Formulation

Pada tahap ini dilakukan perancangan model simulasi dan formulasinya berdasarkan model konseptual yang telah dibuat sebelumnya. Terdapat beberapa langkah dalam tahap ini yaitu spesifikasi dari struktur dan aturan keputusan, estimasi parameter, hubungan perilaku dan kondisi awal, serta pengujian konsistensi dengan tujuan dan batasan.

Step 4 : Testing

Pada tahap ini dilakukan uji model apakah sudah sesuai dengan sistem amatan. Perbandingan antara model simulasi dengan sistem amatan dilihat berdasarkan perilaku dari model simulasi dengan sistem amatan. Selain itu dilakukan uji ekstrim dimana model akan berperilaku realistis ketika diberikan kondisi yang ekstrim. Beberapa uji dilakukan seperti uji sensitivitas dan uji yang lain.

Step 5 : *Policy Formulation and Evaluation*

Pada tahap ini model yang telah dirancang, diformulasi, dan dilkakukan beberapa uji model sehingga dinyatakan valid dengan sistem eksisting, maka model tersebut dapat digunakan untuk evaluasi dan perbaikan atau pembuatan kebijakan baru terhadap sistem amatan. Perancangan dan perbaikan kebijakan tidak hanya sebatas mengubah parameter yang ada namun juga dapat mengubah struktur model eksisting.

2.3.2. *Causal Loop Diagram (CLD)*

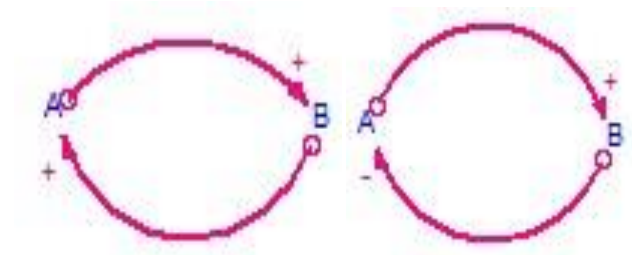
Causal loop diagram (CLD) dapat digunakan untuk merekam sebuah model yang merepresentasikan keterkaitan dan proses umpan balik dalam sistem (Yuan&Chan, 2010). Menurut Behdad Kiani (Kiani, et al, 2009) menyatakan bahwa tujuan utama CLD adalah untuk menggambarkan hipotesis kausal, sehingga membuat penyajian struktur masalah dalam bentuk agregat. Berdasarkan pengertian CLD tersebut dapat disimpulkan bahwa CLD dapat membantu pengguna dengan merancang struktur umpan balik dan mempresentasikan sistem amatan bekerja. Manfaat penggunaan CLD adalah:

- Memberikan gambaran hipotesis secara cepat dari penyebab dinamika
- Memberikan masukan penting yang terpercaya untuk sebuah masalah
- Menggambarkan model baik untuk individu maupun tim

CLD terdiri dari beberapa variabel yang saling berhubungan untuk menunjukkan hubungan kausal antar-variabel. Setiap hubungan kausal memiliki polaritas positif (+) atau negatif (-) yang mengindikasikan bagaimana *dependent variable* berubah ketika *independent variable* berubah. Hubungan kausal dibagi menjadi dua tanda, yaitu:

- Hubungan positif adalah suatu kondisi di mana elemen A memberikan pengaruh positif terhadap elemen B. hal itu berarti peningkatan nilai A mempengaruhi peningkatan nilai B.
- Hubungan negatif adalah suatu kondisi di mana elemen A memberikan pengaruh negatif pada elemen B. hal itu berarti peningkatan nilai elemen A mempengaruhi penurunan nilai elemen B.

Hubungan kausal antar variabel – variabel akan menghasilkan sebuah *loop*. *Loop* akan bersifat *reinforcing feedback* jika seluruh hubungan kausal antar variabel dalam *loop* tersebut bersirkulasi dengan arah yang sama (*loop* positif). Sedangkan *loop* bersifat *balancing feedback* jika terdapat hubungan kausal dalam *loop* tersebut yang tidak bersirkulasi dengan arah yang sama (Sterman, 2009). Berikut ini ditampilkan contoh dari CLD, yakni pada Gambar 2.5.

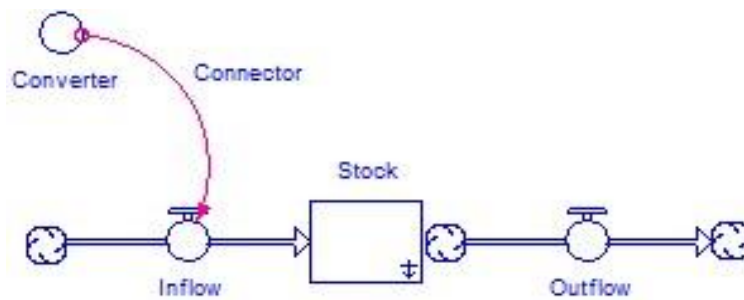


Gambar 2. 5 *Causal loop diagram (CLD)*, (a) *reinforcing feedback* dan (b) *balancing feedback*

CLD digunakan untuk merancang model dengan mengidentifikasi variabel-variabel penting dalam sistem amatan, namun CLD tidak dapat mengandung seluruh informasi yang diperlukan sehingga simulasi dapat dijalankan. Menurut Sterman CLD tidak dapat menjelaskan variabel yang merupakan *stock* dan *flow* dalam sistem (Sterman, 2004).

2.3.3. *Diagram Stock and Flow*

Diagram *stock and flow* (SFD) adalah suatu sistem yang menggambarkan hubungan antar variabel, dan sering digunakan untuk metode sistem dinamik. Pada dasarnya, SFD merupakan transformasi dari CLD menjadi hubungan antara *stock* dan *flow* yang dapat dimengerti oleh *software* komputer. *Feedback* antara *stock* dan *flow* merupakan konsep penting dalam sistem dinamik. Berikut ini akan ditampilkan contoh diagram SFD pada Gambar 2.6 serta penjelasan tentang notasi-notasi yang terdapat di dalamnya.



Gambar 2. 6 Diagram SFD

- *Stock*

Stock adalah akumulasi dan dikarakteristikan sebagai *the state of system*. Notasi ini digambarkan melalui sebuah bujur sangkar. *Stock* menghasilkan informasi yang akan digunakan sebagai dasar untuk melakukan tindakan ataupun mengambil keputusan. Suatu variabel dikatakan sebagai sebuah *stock* jika elemen tersebut tidak mudah berubah. Perubahan *stock* hanya disebabkan oleh perubahan dari *flow* (Sterman, 2004).

- *Flow*

Flow merupakan aliran yang berubah sesuai dengan fungsi waktu dan proses yang mempengaruhi stock. *Flow* menggambarkan adanya gerakan materi dan informasi dalam sistem, sehingga *flow* menunjukkan aktivitas dalam sistem yang mempengaruhi stock (Sterman, 2004). *Flow* dibedakan menjadi dua, yaitu:

- *Inflows*, digambarkan dengan panah yang menuju atau menambah *stock*.
- *Outflows*, digambarkan dengan panah yang keluar atau mengurangi *stock*.

- *Converter*

Converter berisi informasi ataupun persamaan (*equation*) yang membangkitkan nilai *output* di setiap periode. *Converter* dapat digunakan untuk mengambil informasi dan mengubahnya untuk digunakan oleh variabel lain dalam model.

- *Connector*

Connector merupakan lambang yang digunakan untuk mengirimkan informasi dan *input* yang digunakan untuk mengatur *flow*.

2.3.4. *Konsep Pengujian Model*

Untuk memastikan dan membuktikan model simulasi yang dibuat sesuai dan merepresentasikan sistem nyata, maka dilakukan mekanisme pengujian model atau validasi model. Berikut merupakan penjelasan beberapa teknik pengujian yang dapat diimplementasikan pada model sistem dinamik.

- Uji Kecukupan Batasan

Uji kecukupan batasan digunakan untuk menilai kecukupan dari batasan model terhadap tujuan. Uji ini dilakukan dengan mengacu pada diagram sebab akibat. Ketika batasan model telah terbentuk melalui diagram sebab akibat, maka dilakukan pengujian terhadap variabel-variabel sistem apakah memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tujuan model. Apabila variabel tersebut tidak memiliki pengaruh yang signifikan maka tidak perlu dimasukkan ke dalam model. Uji kecukupan batasan ini juga dapat dilakukan dengan mengetes apakah kebijakan rekomendasi yang diberikan akan berubah dengan memperluas batasan model (Stermann, 2004).

- Uji Struktur Model

Uji struktur model merupakan uji yang digunakan untuk mengetes sejauh mana kesamaan serupa struktur model mendekati struktur sistem nyata. Keserupaan diukur dengan sejauh mana interaksi variabel dalam model dapat menirukan interaksi sistem. Terdapat dua jenis validitas struktur yaitu validitas konstruksi dan kestabilan struktur. Validitas konstruksi yaitu keyakinan terhadap konstruksi model valid secara ilmiah atau didukung/diterima secara akademis. Sedangkan kestabilan struktur yaitu keberlakuan atau kekuatan (*robustness*) struktur dalam dimensi waktu (Aminullah, et al., 2001).

- Uji Parameter Model

Uji parameter model dilakukan untuk mengetahui konsistensi nilai parameter yang ada. Uji ini dilakukan dengan mengetes perilaku nilai parameter hasil simulasi yang sesuai atau tidak dengan hubungan yang digambarkan melalui model konseptual atau CLD. Terdapat dua langkah dalam melakukan uji parameter model, yaitu validasi variabel input dan validasi logika terhadap hubungan antar variabel. Validasi variabel input dilakukan dengan membandingkan antara data historis dan data yang dimasukkan ke dalam model. Validasi logika antar variabel dilakukan dengan mengecek logika dalam sistem baik input maupun output (Maftuhah, 2013).

- Uji Kondisi Ekstrim

Uji kondisi ekstrim dapat dilakukan dalam dua cara yaitu dengan melakukan pengecekan secara langsung pada *equation* model dan melalui simulasi. Pengecekan langsung pada *equation* model dilakukan dengan pemeriksaan terhadap output dari *equation* apabila input dari *equation* diberikan nilai maksimum dan minimum apakah output yang dihasilkan masih layak dan *feasible* atau tidak. (Stermann, 2004).

- Uji Perilaku Model/Replikasi

Uji perilaku model/replikasi dilakukan untuk mengetahui bagaimana perilaku dari model apakah sama dengan perilaku kondisi yang sesungguhnya. Pengujian dilakukan dengan membandingkan output sejumlah replikasi dari simulasi dan data sebenarnya pada sistem nyata (Barlas, 1996).

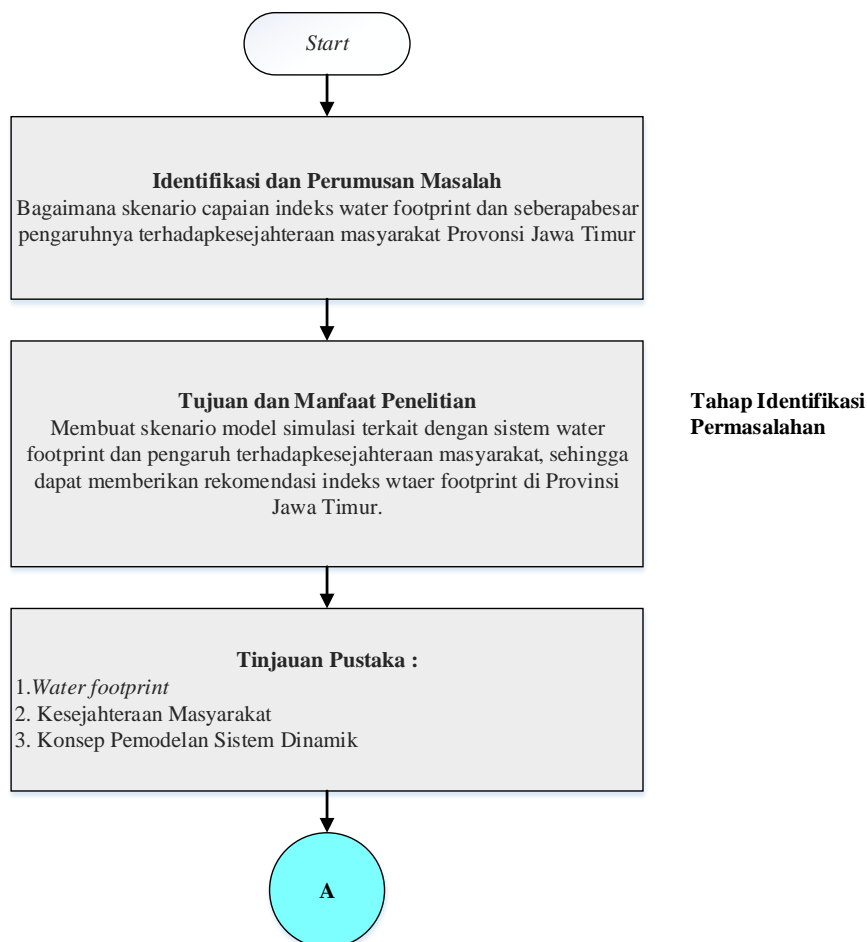
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

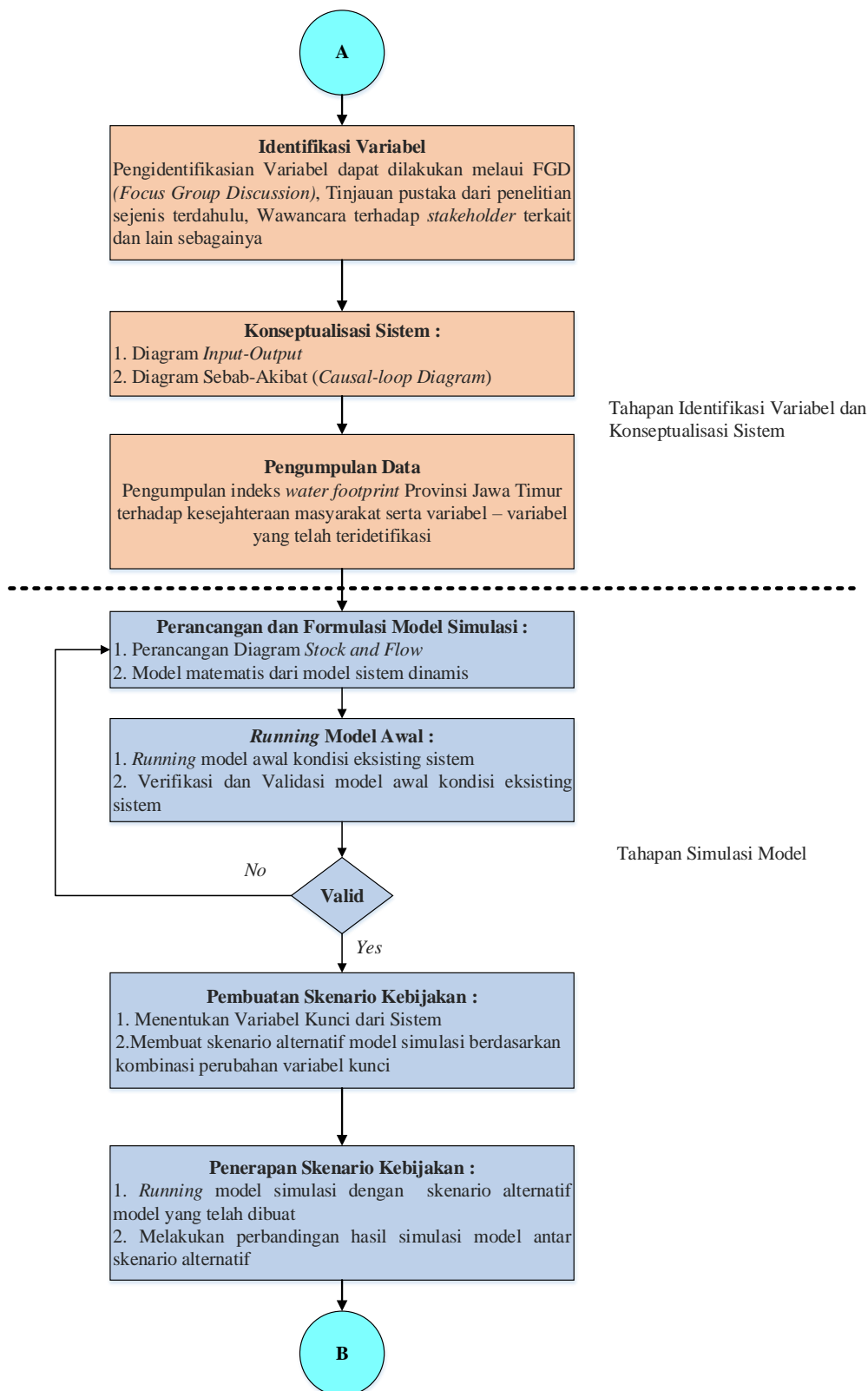
Pada Bab 3 akan dijelaskan tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir. Tahap-tahap tersebut terdiri atas empat tahap urutan pengerjaan yaitu: (1) identifikasi permasalahan, (2) identifikasi variabel dan konseptualisasi model, (3) tahap simulasi model, (4) serta analisis dan penarikan kesimpulan akhir dalam penelitian tugas akhir.

3.1. *Flowchart* Penelitian

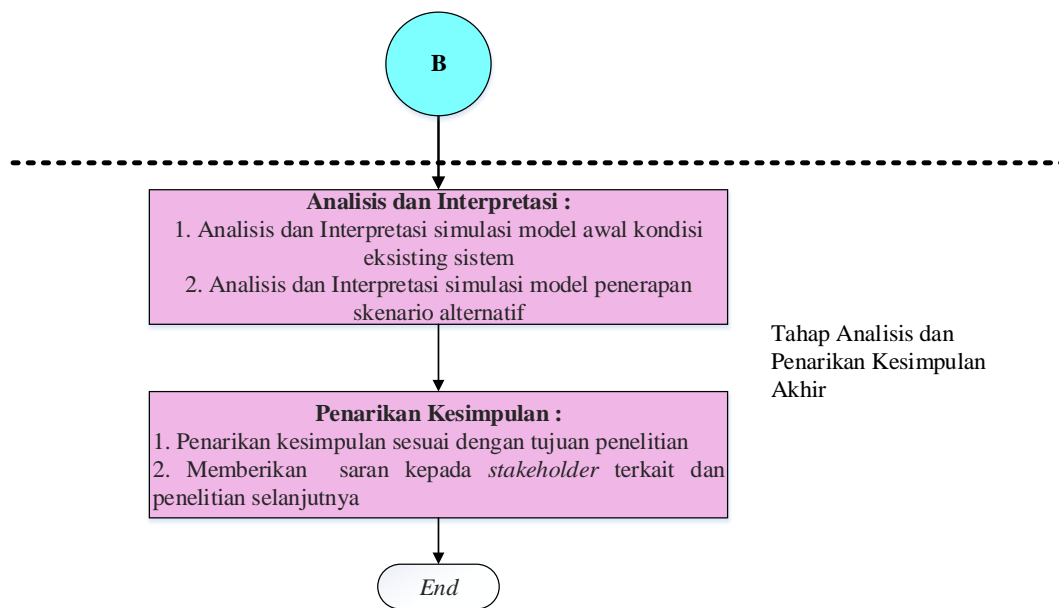
Berikut ini merupakan langkah-langkah penelitian tugas akhir dalam bentuk *flowchart*.



Gambar 3. 1 *Flowchart* Penelitian



Gambar 3. 1 *Flowchart* Penelitian (Lanjutan)



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian (Lanjutan)

3.2. Tahap Identifikasi Permasalahan

Pada tahap ini akan dilakukan identifikasi dari permasalahan yang ada. Tahapan ini tersusun atas tiga sub-tahap yaitu identifikasi dan perumusan masalah yang akan diselesaikan, penetapan tujuan dan manfaat penelitian, dan pencarian kajian pustaka yang menjadi landasan penelitian. Tahapan ini dilakukan saat penyusunan proposal.

3.2.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada sub-tahap ini dilakukan pencarian fakta-fakta dan data-data yang mendukung kondisi *water footprint* di Jawa Timur. Selanjutnya dilakukan juga pengamatan dan identifikasi terhadap permasalahan yang terjadi melalui data sekunder. Dari fakta dan data tersebut dapat dilakukan perumusan masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian.

3.2.2. Penetapan Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang telah ditetapkan sebelumnya, dapat ditentukan tujuan dan manfaat penelitian. Tujuan penelitian ini mendasari langkah-langkah penelitian dan kesimpulan akhir yang ditemukan pada penelitian

ini. Selain tujuan, ditetapkan pula manfaat yang akan diperoleh *stakeholder* yang terlibat dalam penelitian ini.

3.2.3. *Tinjauan Pustaka*

Pada tinjauan pustaka dilakukan pengumpulan literatur-literatur yang digunakan sebagai dasar acuan dalam penelitian ini. Tinjauan pustaka didapatkan dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, artikel, laporan ataupun penelitian terdahulu yang terkait dengan *water footprint* terhadap kesejahteraan masyarakat. Adapun tinjauan pustaka yang menjadi fokus penulis adalah mengenai *water footprint*, kesejahteraan masyarakat, dan konsep pemodelan sistem dinamik.

3.3. **Identifikasi Variabel dan Konseptualisasi Model**

Pada tahap ini dilakukan identifikasi dari variabel yang terlibat dan perancangan model konseptual kondisi eksisting sistem. Tahapan ini bertujuan untuk memberikan gambaran awal terhadap sistem yang diteliti dan dapat ditemukan variabel yang terlibat.

3.3.1. *Identifikasi Variabel*

Identifikasi variabel dilakukan terhadap variabel-variabel yang terlibat serta parameter-parameter yang dipengaruhi dalam sistem indeks *water footprint* yang berpengaruh kesejahteraan masyarakat provinsi Jawa Timur. Variabel-variabel yang terlibat dalam sistem objek penelitian ini dibatasi oleh ruang lingkup penelitian yang telah ditetapkan sebelumnya. Penentuan variabel dapat dilakukan melalui FGD (*Focus Group Discussion*) dengan pihak yang lebih memahami permasalahan, tinjauan pustaka dari penelitian sejenis terdahulu, wawancara dengan *stakeholder* terkait, dan lain sebagainya.

3.3.2. *Konseptualisasi Sistem*

Konseptualisasi sistem merupakan tahap pembuatan model konseptual dari sistem eksisting yang menjadi permasalahan pada objek penelitian ini. Model konseptual dari sistem penelitian ini dibuat dalam bentuk diagram *input-output* dan diagram sebab-akibat (*causa-loop diagram*). Diagram *input-output* digunakan

untuk menjelaskan variabel-variabel yang dikehendaki maupun tidak dikehendaki menjadi masukan (*input*) dan hasil (*output*) dalam penelitian ini. Sedangkan diagram sebab-akibat (*causa-loop diagram*) digunakan untuk memaparkan hubungan keterkaitan antar variabel-variabel yang telah diidentifikasi sebelumnya.

3.3.3. *Pengambilan Data*

Pengambilan data pada tahap identifikasi variabel dan konseptualisasi model merupakan proses pengumpulan data yang berkaitan dengan variabel-variabel yang telah diidentifikasi sebelumnya. Proses ini dilakukan untuk memberikan informasi maupun data yang akan digunakan dalam tahap simulasi model sistem.

3.4. **Tahapan Simulasi Model**

Tahap simulasi model terdiri dari empat aktivitas yang akan dilakukan secara berurutan yaitu melakukan perancangan dan formulasi model simulasi, dilanjutkan dengan *running* model awal, kemudian dilakukan pembuatan skenario kebijakan, dan penerapan skenario kebijakan.

3.4.1. *Perancangan dan Formulasi Model*

Pada sub-tahap ini, dilakukan perancangan model simulasi sistem *water footprint* terhadap kesejahteraan masyarakat. Perancangan model ini dipaparkan melalui diagram *stock and flow*. Selanjutnya dilakukan formulasi model matematis terhadap model simulasi yang sebelumnya telah dirancang. Adapun perancangan dan formulasi model simulasi dilakukan menggunakan *software STELLA*© 44 (*iSee System*). Model dirancang dan diformulasi dalam bentuk formulasi sistematis terhadap variabel-variabel berdasarkan hubungannya.

3.4.2. *Running Model Awal*

Running model awal ini dilakukan terhadap model simulasi yang dibuat berdasarkan kondisi eksisting sistem. *Output* dari *running* model simulasi tersebut

kemudian dilakukan verifikasi dan validasi untuk memastikan bahwa model yang dirancang sudah sesuai dan representatif terhadap kondisi eksisting sistem.

3.4.3. *Pembuatan Skenario Kebijakan*

Setelah dilakukan *running* terhadap model awal simulasi dapat diketahui variable-variabel yang mempengaruhi *output* secara signifikan. Kemudian dengan variabel kritis tersebut dapat dirumuskan alternatif skenario kebijakan dan diterapkan pada model simulasi dan diukur kriteria dari penerapan skenario tersebut. Kriteria dari penilaian skenario kebijakan yang akan diterapkan ditentukan berdasarkan variabel yang menjadi pengukur keberhasilan tujuan sistem.

3.4.4. *Penerapan Skenario Kebijakan*

Berdasarkan beberapa skenario kebijakan yang telah dirancang sebelumnya, selanjutnya dilakukan *running* terhadap model simulasi dengan masing-masing perubahan kondisi variabel kunci sesuai dengan skenario kebijakannya. Proses selanjutnya adalah memaparkan dan membandingkan antar masing-masing hasil (*output*) simulasi dari seluruh skenario kebijakan.

3.5. **Tahap Analisis dan Penarikan Kesimpulan**

Pada tahapan ini dilakukan analisis dari hasil *running* model awal dan penerapan skenario kebijakan serta penarikan kesimpulan dari hasil analisis tersebut.

3.5.1. *Analisis dan Interpretasi*

Pada sub-tahap ini dilakukan analisis dan interpretasi terhadap *ouput* model awal simulasi dan *output* setelah penerapan alternatif skenario kebijakan. Analisis dan interpretasi *output* dilakukan sesuai dengan tujuan dari penelitian.

3.5.2. *Penarikan Kesimpulan Akhir*

Pada sub-tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan terhadap hasil analisi dan interpretasi yang telah dilakukan sebelumnya. Hal-hal dalam melakukan

penarikan kesimpulan harus dapat menjawab dari tujuan penelitian. Selain dilakukan penarikan kesimpulan, dilakukan juga pemberian saran terhadap sistem *water footprint* di Jawa Timur.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4

PERANCANGAN MODEL SIMULASI

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai sistem amatan objek penelitian, konseptualisasi model, penyusunan diagram *stock and flow*, verifikasi dan validasi model, serta simulasi model.

4.1. Identifikasi Sistem Amatan

Dalam melakukan pemodelan terhadap sistem, perlu dilakukan identifikasi sistem amatan untuk mengetahui kondisi sistem yang sebenarnya. Dengan demikian, model yang dikembangkan akan merepresentasikan sistem nyata. Penelitian ini difokuskan pada penggunaan energi khususnya penggunaan air yang disebut *water footprint* dari berbagai aspek di Provinsi Jawa Timur dan melihat dampaknya aspek kesejahteraan masyarakat. Identifikasi sistem amatan dilakukan terhadap gambaran umum Provinsi Jawa Timur, kesejahteraan masyarakat dan konsumsi Air Provinsi Jawa Timur, sektor *household*, industri, jasa, serta sektor agrikultur.

4.1.1. Gambaran Umum Provinsi Jawa Timur



Gambar 4. 1 Peta Provinsi Jawa Timur (eastjava.com)

Provinsi Jawa Timur secara geografis terletak di antara 111°0' Bujur Timur sampai 114°4' Bujur Timur dan 7°12' Lintang Selatan sampai 8°48' Lintang Selatan. Luas wilayah Jawa Timur sebesar 47.963 km² meliputi dua bagian utama, yaitu Jawa Timur daratan dan Kepulauan Madura. Wilayah daratan Jawa Timur sebesar 88,7% atau 42.541 km² sementara luas Kepulauan Madura sebesar 11,3% atau 5.422 km² (Badan Pusat Statistik, 2010)

Secara administratif Jawa Timur terbagi menjadi 29 kabupaten dan 9 kota, dengan Kota Surabaya sebagai ibukota provinsi. Hal ini menjadikan Jawa Timur sebagai provinsi yang memiliki jumlah kabupaten/kota terbanyak di Indonesia. Jawa Timur terbagi dalam 4 Badan Koordinasi Wilayah (Bakorwil), dengan detail sebagai berikut:

1. Bakorwil I Madiun, meliputi Kota Madiun, Kab. Madiun, Kab. Magetan, Kab. Ponorogo, Kab. Ngawi, Kab. Trenggalek, Kab. Tulungagung, Kota Blitar, Kab. Blitar, dan Kab. Nganjuk.
2. Bakorwil II Bojonegoro, meliputi Kab. Bojonegoro, Kab. Tuban, Kota Mojokerto, Kota Kediri, Kab. Kediri, Kab. Jombang, dan Kab. Lamongan.
3. Bakorwil III Malang, meliputi Kota Malang, Kab. Malang, Kota Batu, Kota Pasuruan, Kab. Pasuruan, Kota Probolinggo, Kab. Probolinggo, Kab. Lumajang, Kab. Jember, Kab. Bondowoso, Kab. Situbondo dan Kab. Banyuwangi.
4. Bakorwil IV Pamekasan, meliputi Kota Surabaya, Kab. Sidoarjo, Kab. Gresik, Kab. Bangkalan, Kab. Sampang, Kab. Pamekasan, dan Kab. Sumenep.

Jumlah penduduk Jawa Timur pada tahun 2010 adalah 37.476.757 jiwa, dengan kepadatan 784 jiwa/km². Kabupaten dengan jumlah penduduk terbanyak di provinsi Jawa Timur adalah Kabupaten Malang dengan jumlah penduduk 2.446.218 jiwa, sedang kota dengan jumlah penduduk terbanyak adalah Kota Surabaya sebanyak 2.765.487. Laju pertumbuhan penduduk adalah 0,76% per tahun. Mayoritas penduduk Jawa Timur adalah Suku Jawa, namun demikian, etnisitas di Jawa Timur lebih heterogen. Suku Jawa menyebar hampir di seluruh wilayah Jawa Timur daratan. Suku Madura mendiami di Pulau Madura, dan

daerah Tapal Kuda (Jawa Timur bagian timur), terutama di daerah pesisir utara, dan selatan. Di sejumlah kawasan Tapal Kuda, Suku Madura bahkan merupakan mayoritas. Hampir di seluruh kota di Jawa Timur terdapat minoritas Suku Madura, umumnya mereka bekerja di sektor informal.

Suku Bawean mendiami Pulau Bawean di bagian utara Kabupaten Gresik. Suku Tengger, konon adalah keturunan pelarian Kerajaan Majapahit, tersebar di Pegunungan Tengger, dan sekitarnya. Suku Osing tinggal di sebagian wilayah Kabupaten Banyuwangi. Orang Samin tinggal di sebagian pedalaman Kabupaten Bojonegoro. Selain penduduk asli, Jawa Timur juga merupakan tempat tinggal bagi para pendatang. Orang Tionghoa adalah minoritas yang cukup signifikan, dan mayoritas di beberapa tempat, diikuti dengan Arab; mereka umumnya tinggal di daerah perkotaan. Suku Bali juga tinggal di sejumlah desa di Kabupaten Banyuwangi. Berikut merupakan data historis kependudukan Jawa Timur, yakni pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Data Kependudukan Jawa Timur

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Juta Jiwa)	Laju Pertumbuhan per Tahun	Rasio Jenis Kelamin	Penduduk Pendatang (juta jiwa)
1	2011	37.84	0.73	97,24	1,13
2	2012	38.11	0.70	97,3	1,14
3	2013	38.36	0.67	97,36	1,11
4	2014	38.61	0.64	97,41	1,13
5	2015	38.85	0.61	97,44	1,17
6	2016	39.08	0.59	97,48	1,17

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Timur, 2016

4.1.2. Kesejahteraan Masyarakat Jawa Timur dan Water Footprint

Indikator yang digunakan dalam mengukur pertumbuhan kesejahteraan masyarakat adalah Indeks Pembangunan Manusia yang dipengaruhi oleh produk domestik regional bruto (PDRB). PDRB Jawa Timur dihitung dengan menggunakan pendekatan konsumsi pemerintah yang didasari dengan harga berlaku, artinya perhitungan PDRB dengan menggunakan pendekatan konsumsi pemerintah didasarkan dari jumlah keseluruhan nilai akhir (*final goods*) dari

produksi berbagai macam produk dari berbagai aspek yang dihasilkan pada suatu unit produksi oleh daerah Jawa Timur dalam kurun waktu tertentu yang dihitung menggunakan pendekatan harga yang berlaku pada saat itu. PDRB Jawa Timur berkembang dengan peningkatan rata-rata sebesar 10,28% hingga tahun 2014 dimana nilai PDRB per kapita Jawa Timur adalah 39,9 juta rupiah.

Indeks pembangunan manusia (IPM) sebagai salah satu indikator kesejahteraan merupakan indikator yang mengukur capaian pembangunan manusia yang didasari sejumlah komponen kualitas hidup. Sebagai ukuran kualitas hidup, IPM dibangun melalui pendekatan tiga dimensi yang terdiri dari dimensi kesehatan yang diukur dari angka harapan hidup, dimensi pendidikan yang diukur dari harapan lama sekolah dan rata-rata lama sekolah, dan dimensi ekonomi yang diukur dari pengeluaran perkapita riil yang disesuaikan. IPM dari penduduk daerah Jawa Timur menunjukkan perkembangan secara positif hingga tahun 2015 mencapai 68.95. Berikut Merupakan data historis dari PDRB dan IPM daerah Jawa Timur.

Tabel 4. 2 Perkembangan Indikator Kesejahteraan Masyarakat

No	Tahun	PDRB per kapita (milyar rupiah)	IPM (Indeks Pembangunan Manusia)
1	2011	1.120.577,20	66.06
2	2012	1.248.767,29	66.74
3	2013	1.382.501,50	67.55
4	2014	1.539.794,70	68.14
5	2015	1.689.882,40	68,95

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Timur, 2016

Dari tabel 4.2 Indikator kesejahteraan masyarakat terus berkembang setiap tahunnya baik PDRB maupun IPM. Nilai IPM dihitung dengan menggunakan metode baru, yaitu dengan menghitung tiga dimensi yakni dimensi pendidikan, dimensi kesehatan, dan dimensi ekonomi. Berikut merupakan rumus perhitungan IPM dimensi kesehatan, pendidikan, dan ekonomi, dan IPM secara keseluruhan.

- Dimensi Pendidikan

$$I_{pendidikan} = \frac{I_{HLS} + I_{RLS}}{2} \quad (4.1)$$

$$I_{HLS} = \frac{HLS - HLS_{min}}{HLS_{maks} - HLS_{min}} \quad (4.2)$$

$$I_{RLS} = \frac{RLS - RLS_{min}}{RLS_{maks} - RLS_{min}} \quad (4.3)$$

Keterangan:

HLS = Harapan lama sekolah

RLS = Rata-rata lama sekolah

- Dimensi Kesehatan

$$I_{kesehatan} = \frac{AHH - AHH_{min}}{AHH_{maks} - AHH_{min}} \quad (4.4)$$

Keterangan:

AHH = Angka Harapan Hidup

- Dimensi Ekonomi

$$I_{pengeluaran} = \frac{\ln(pengeluaran) - \ln(pengeluaran_{min})}{\ln(pengeluaran_{maks}) - \ln(pengeluaran_{min})} \quad (4.5)$$

- Menghitung Indeks Pembangunan Manusia

$$IPM = \sqrt[3]{I_{kesehatan} + I_{pendidikan} + I_{pengeluaran}} \times 100 \quad (4.6)$$

Tabel 1.2 menunjukkan konsumsi air pada suatu negara yang di tunjukan secar virtual. Variabel yang terdapat pada *water footprint* adalah *green*, *blue*, dan *gray water footprint*. Negara Indonesia mempunyai nilai *water footprint* yang cukup tinggi dan sebagian besar disebabkan oleh sektor agrikultur. Hal tersebut terjadi karena Indonesia merupakan negara agraris. Berikut adalah tabel *water footprint* provinsi di Indonesia, yakni pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 *Water Footprint* Provinsi Indonesia

Provinsi	<i>Water Footprint</i> (m ³ /cap/year)
Nanggroe Aceh D	1243
Sumatera Utara	1323
Sumatera Barat	1226
Riau	1240
Jambi	1483
Sumatera Selatan	1272
Bengkulu	1657
Lampung	1136
Bangka belitung	1207
DKI Jakarta	974
Jawa Brata	902
Jawa Tengah	1228
DI Yogyakarta	986
Jawa Timur	859
Banten	1130
Bali	1110
NTB	1433
NTT	1277
Kalimatan Barat	1740
Kalimantan Timur	1485
Kalimantan Tengah	1895
Kalimantan Selatan	1461
Sulawesi Utara	1335
Sulawesi Tenggara	1415
Sulawesi Tengah	1420
Sulawesi Selatan	1297
Gorontalo	1182
Maluku	984
Mauku Utara	1082
Papua Barat	1048
Indonesia	1131

Sumber: Hydrology and Earth System Sciences, 2010

4.1.3. *Sektor Household Jawa Timur*

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia yang dibutuhkan secara berkelanjutan. Penggunaan air bersih sangat penting untuk konsumsi rumah tangga, kebutuhan industri, dan tempat umum. Karena

pentingnya kebutuhan akan air bersih, wajar jika sektor air bersih mendapatkan prioritas penanganan utama karena menyangkut hajat hidup orang banyak. Penanganan akan pemenuhan kebutuhan air bersih dapat dilakukan dengan berbagai cara, disesuaikan dengan sarana dan prasarana yang ada. Di daerah perkotaan, sistem penyediaan air bersih dilakukan dengan sistem perpipaan dan non perpipaan. Sistem perpipaan dikelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dan sistem non-perpipaan dikelola oleh masyarakat baik secara individu maupun kelompok. Berikut merupakan data kapasitas produksi air bersih di Jawa Timur, yakni pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Kapasitas Produksi Air Bersih Di Jawa Timur

No	Bakorwil	Kapasitas produksi (liter/detik)	
		Potensial	Efektif
1	I	4,211	2,408
2	II	2,253	1,992
3	III	6,826	5,351
4	IV	14,87	12,976
Jawa Timur		28,16	22,727

Sumber: Badan Pusat Statistik Jawa Timur 2016

Kebutuhan air bersih merupakan kebutuhan yang tidak terbatas dan berkelanjutan. Sedang kebutuhan akan penyediaan dan pelayanan air bersih dari waktu ke waktu semakin meningkat yang terkadang tidak diimbangi oleh kemampuan pelayanan. Peningkatan kebutuhan ini disebabkan oleh peningkatan jumlah penduduk, peningkatan derajat kehidupan warga serta perkembangan kota/kawasan pelayanan ataupun hal-hal yang berhubungan dengan peningkatan kondisi sosial ekonomi warga. Penyediaan air bersih menjadi perhatian khusus setiap negara di dunia termasuk Indonesia. Pertumbuhan penduduk, perkembangan pembangunan dan meningkatnya standar kehidupan menyebabkan kebutuhan akan air bersih terus meningkat. Hal ini menjadikan kualitas layanan penyedia dan pengelola air bersih sangat dibutuhkan oleh masyarakat. Sehingga pelayanan air bersih merupakan komponen pelayanan publik yang sangat penting. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) mengemban tugas pokok melaksanakan pengelolaan dan pelayanan air bersih untuk meningkat kesejahteraan masyarakat

sesuai dengan Undang-Undang No. 32 tahun 2004, tentang Pemerintahan Daerah. Sebagai salah satu perusahaan milik daerah, harus mengupayakan untuk dapat menunjang terwujudnya misi dan fungsi yang diemban maka pengelolaan sistem air minum harus dilakukan dengan baik dan benar serta harus memenuhi kaidah-kaidah teknis dan ekonomis sesuai standar kriteria yang telah ditentukan. Berikut merupakan sumber air yang digunakan oleh setiap bakorwil untuk memproduksi air bersih, yakni pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Sumber Air yang Digunakan Oleh Setiap Bakorwil

No	Bakorwil	Jumlah Perusahaan	Sumber Air yang Dipakai				
			Sungai	Mata Air	Air Tanah	Waduk	Lainya
1	I	11	11.812.684	15.397.397	36.115.912	-	-
2	II	8	9.883.140	7.352.427	176.566.466	1.313.548	5.873.323
3	II	12	21.696.040	22.749.824	53.772.378	1.313.732	5.873.323
4	IV	7	43.391.864	45.499.648	107.544.755	2.627.280	11.746.646
Jawa Timur		38	86.783.728	90.999.296	373.999.511	5.254.560	23.493.292

Sumber: Badan Pusat Statistika Jawa Timur 2016

Berdasarkan tabel diatas dapat di ketahui bahwa setiap bakorwil di Jawa Timur memnggunakan air tanah sebagai sumber utama mendapatkan air. Hal itu menyebabkan sektor *household* ini menyumbang *blue water footprint* yang banyak. Berikut merupakan tabel jenis pelanggan yang mengkonsumsi air bersih untuk setiap bakorwil, yakni pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Jenis Pelanggan yang Mengonsumsi Air Bersih

No	Bakorwil	Jenis Pelanggan					
		Rumah Tangga	Sosial	Khusus	Industri	Instansi Pemerintah	Niaga
1	I	258.198	4.810	1.182	22	2.789	4.576
2	II	139.141	2.826	136	315	1.874	3.438
3	II	449.923	8.467	3.830	284	2.967	19.791
4	IV	748.631	6.118	2.279	2.003	2.720	43.496
Jawa Timur		1.595.893	22.221	7.427	2.624	10.350	71.301

Sumber: Badan Pusat Statistika Jawa Timur 2016

Berdasarkan tabel diatas, rumah tangga merupakan pelanggann dengan konsumsi paling banyak yaitu sebesar 81.49%. Kemudian sisanya merupakan pelanggan dari industri, niaga, sosial dll.

4.1.4. *Sektor Industri Jawa Timur*

Industri manufaktur didefinisikan sebagai suatu kegiatan ekonomi yang melakukan kegiatan mengubah suatu barang dasar, baik secara mekanis, kimia, atau dengan tangan sehingga menjadi barang jadi atau barang setengah jadi dan atau dari barang yang kurang nilainya menjadi barang yang lebih tinggi nilainya, yang sifatnya lebih dekat kepada pemakai akhir. Termasuk dalam kegiatan ini adalah Jasa Industri dan pekerjaan perakitan. Perusahaan Industri manufaktur dibagi dalam 4 (empat) golongan, berikut tabel penggolongan indsutri berdasarkan jumlah tenaga kerja, yakni pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Penggolongan Industri Berdasarkan Jumlah Tenaga Kerja

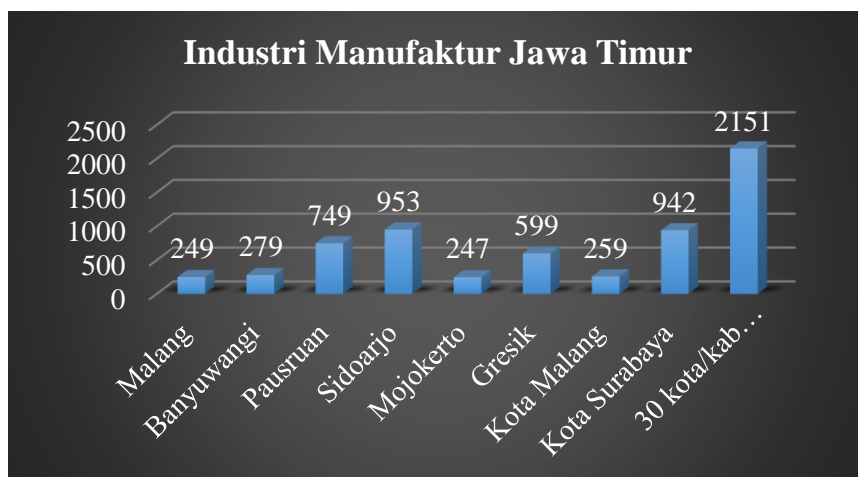
Golongan Industri	Banyaknya Tenaga Kerja
Besar	100 orang atau lebih
Sedang	200 – 99 orang
Kecil	5 – 19 orang
Rumahtangga atau Mikro	1-4 orang

Sumber: Badan Pusat Statistika Jawa Timur 2016

Penggolongan perusahaan industri manufaktur ini semata-mata hanya didasarkan kepada banyaknya tenaga kerja yang bekerja, tanpa memperhatikan apakah perusahaan itu menggunakan mesin tenaga atau tidak, serta tanpa memperhatikan besarnya modal perusahaan itu

Perusahaan Industri Manufaktur Besar dan Sedang di Jawa Timur pada tahun 2014 berjumlah 6.473 perusahaan. Lima Kabupaten/Kota dengan jumlah perusahaan industri manufaktur besar dan sedang terbanyak adalah Kabupaten Sidoarjo, Kota Surabaya, Kabupaten Pasuruan, Kabupaten Gresik dan Kabupaten Banyuwangi, sedangkan Kota Blitar, Kabupaten Pacitan, Bangkalan, Madiun, Sampang memiliki Jumlah perusahan industri manufaktur besar dan sedang paling

sedikit di Provinsi Jawa Timur. Berikut grafik industri manufaktur di Jawa Timur berdasarkan letak industri, yakni pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Industri Manufaktur Jawa Timur (Badan Pusat Statistika Jawa Timur 2016)

Dalam menghitung konsumsi air pada sektor industri, digunakan perhitungan berdasarkan jumlah konsumsi per satu industri manufaktur. Berikut akan ditampilkan jenis industri yang ada di Jawa Timur. Sektor industri di Jawa Timur tidak terlalu menyumbang *water footprint* yang cukup besar terhadap total konsumsi *water footprint*, yaitu sebesar 4,4% yang terdiri dari 0,5% *blue water footprint* dan 3,9% *grey water footprint*. Namun sektor industri Jawa Timur menyumbang 21.6% dari PDRB daerah dimana jenis industri yang ada beragam mulai dari indutri pengolahan kertas, makanan siap saji hingga kosmetik dan bahan bangunan. Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, permintaan akan produk industri juga kian berkembang sehingga unit jumlah Industri juga ikut berkembang. Menurut data yang dihimpun oleh Badan Pengkaji dan Penerapan Teknologi (2015) sektor industri akan terus berkembang hingga tahun 2030 dengan rate mencapai 5.7% per tahunnya.

4.1.5. Sektor Jasa Jawa Timur

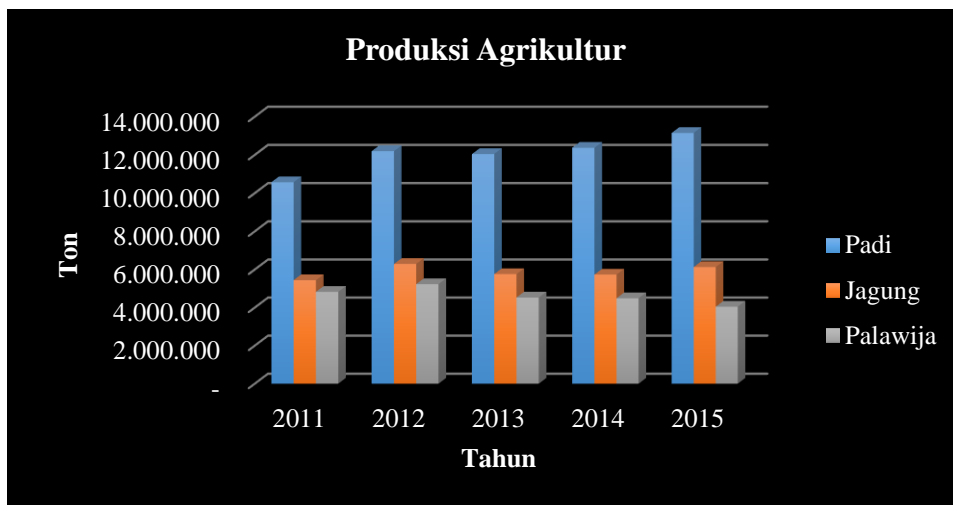
Dalam penelitian ini sektor jasa untuk Provisi Jawa Timur didefinisikan sebagai kegiatan perkantoran, hotel, dan restoran, kegiatan kesehatan yang meliputi rumah sakit dan klinik serta kegiatan pendidikan yang meliputi

universitas, sekolah dan lembaga terkait yang menawarkan jasa pendidikan. Demand dari sektor jasa sangat dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk dan alokasi pengeluaran untuk kegiatan jasa terkait dimana alokasi pengeluaran tersebut akan sangat berpengaruh terhadap PDRB dari daerah kota Jawa timur. Menurut data yang dihimpun oleh Badan Pusat Statistika Jawa Timur (2016) perkembangan sektor jasa diperkirakan akan meningkat sebesar 4,7% per tahun dengan konsumsi sebesar 6,6% per tahun. Konsumis air yang dimaksud dalam sektor jasa ini adalah konsumsi air bersih seperti rumah tangga. Sehingga dalam menghitung konsumsi air sektor jasa, digunakan perhitungan konsumsi air sektor jasa berdasarkan satu unit sektor jasa.

4.1.6. *Sektor Agrikultur Jawa Timur*

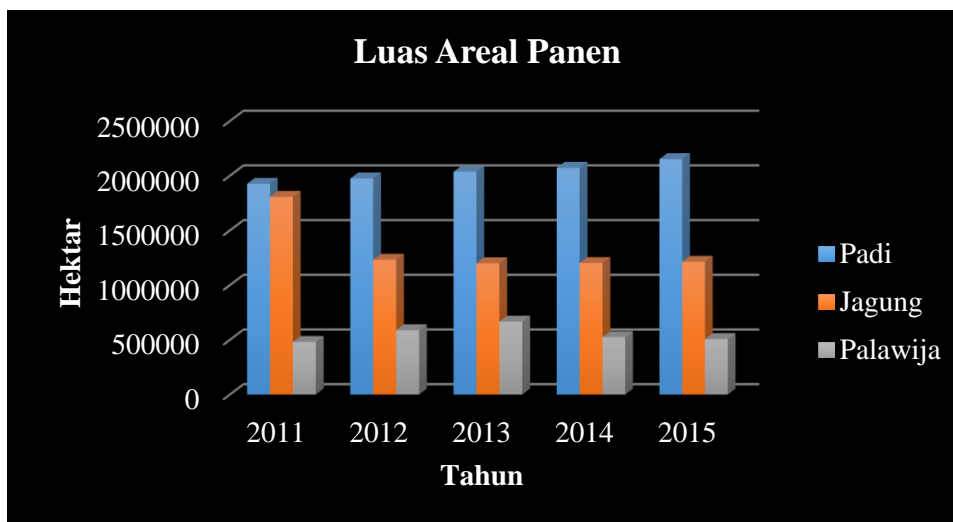
Pertanian adalah sektor yang paling strategis, terutama sub sektor tanaman pangan, karena selain paling banyak menyerap tenaga kerja juga merupakan sumber makanan pokok penduduk. Dalam pembentukan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB), sektor pertanian memberikan sumbangan yang besar, tak heran apabila negara kita sering disebut sebagai negara agraris. Pemerintah pun cukup banyak membuat kebijakan di sektor ini, seperti subsidi harga pupuk, bantuan benih, yang tujuannya selain supaya kesejahteraan para petani meningkat juga dalam rangka meningkatkan gairah petani untuk bercocok tanam yang pada akhirnya diharapkan mampu meningkatkan produksi.

Untuk itu pemerintah akan selalu memperhatikan kemajuan pembangunan sektor ini, karena keberhasilan pembangunan sektor pertanian akan memberikan dampak yang sangat besar untuk seluruh masyarakat. Untuk mengamati perkembangan sektor pertanian khususnya sub sektor tanaman pangan dibutuhkan informasi yang berupa data tentang hasil produksi tanaman pangan, oleh karena itu penyajian data tentang tanaman pangan ini selalu tersedia dan memiliki historis tentang organisasi pengumpulan data dan pengolahannya. Berikut merupakan grafik produksi agrikultur yang dominan di Jawa Timur, yakni pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 3 Produksi Agrikultur (Sumber: Badan Pusat Statistika Jawa Timur 2016)

Besrdasarkan grafik diatas produksi agrikultur di Jawa Timur sangat dinamis. Kemudian Gambar 4.4 menampilkan luas areal panen dari agrikultur Jawa Timur.



Gambar 4. 4 Luas Areal Panen (Sumber: Badan Pusat Statistika Jawa Timur 2016)

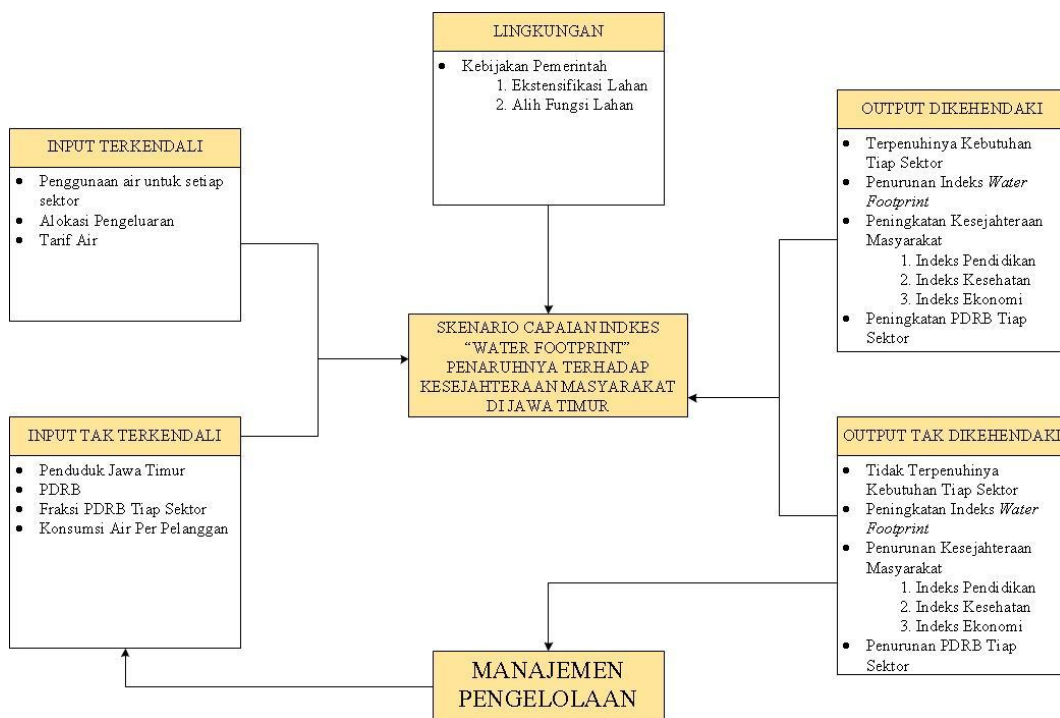
4.2. **Konseptualisasi Sistem**

Model konseptual merupakan model yang disusun atas konsep-konsep untuk membantu mengetahui, memahami, atau melakukan simulasi keadaan nyata yang direpresentasikan oleh model. Model konseptual akan menjelaskan prinsip-

prinsip dasar dan *basic functionality* dari sistem yang direpresentasikan oleh model secara mudah bagi pengguna model. Tahap ini akan menjelaskan model konseptual dari sistem berupa *causal loop diagram*, *input output diagram*, dan identifikasi variabel.

4.2.1. Diagram Input-Output

Input-output diagram disusun untuk mendeskripsikan variabel *input* dan *output* dari sistem secara skematis. Dalam *input-output diagram*, variabel-variabel diklasifikasikan menjadi *input* terkendali, *input* tak terkendali, *output* dikehendaki, *output* tidak dikehendaki, dan lingkungan. Gambar 4.5 berikut menunjukkan *input-output diagram* dari penelitian ini.

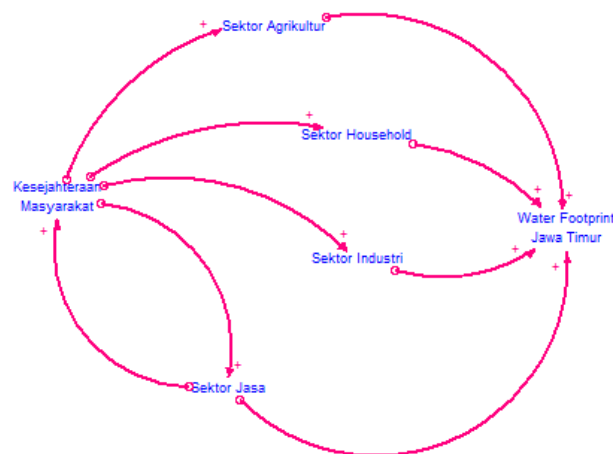


Gambar 4. 5 *Input Output Diagram*

Input-output diagram menggambarkan *output* yang dikehendaki dari permodelan yang dilakukan, faktor-faktor yang yang dapat diubah untuk mencapai output yang optimal, serta faktor-faktor lain yang tidak dapat diubah namun juga dapat mempengaruhi output yang diinginkan.

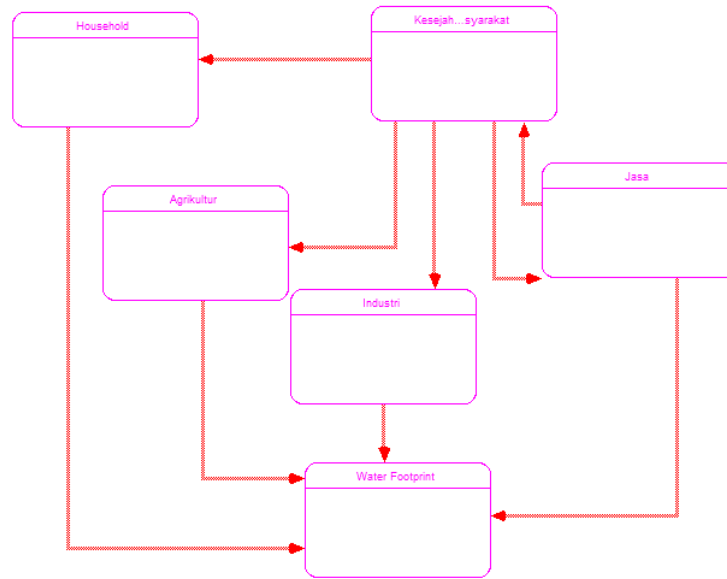
4.2.2. *Diagram Causal Loop*

Diagram *causal loop* dibuat untuk menunjukkan variabel-variabel utama yang akan digambarkan dalam model, dalam hal ini telah disusun berdasarkan variabel-variabel awal yang telah teridentifikasi. Dalam diagram *causal loop* ditunjukkan hubungan sebab-akibat yang terjadi antar variabel yang digambarkan dengan anak panah. Anak panah yang bertanda positif menunjukkan hubungan berbanding lurus, dimana penambahan nilai pada variabel tersebut akan menyebabkan penambahan nilai pada variabel yang dipengaruhi, begitupula sebaliknya. *Causal Loop Diagram* ini akan menjadi basis bagi pemodelan tahap selanjutnya yaitu *Stock and Flow Diagram*. Gambar 4.6 merupakan diagram *causal loop* utama dari sistem yang disusun untuk penelitian ini.



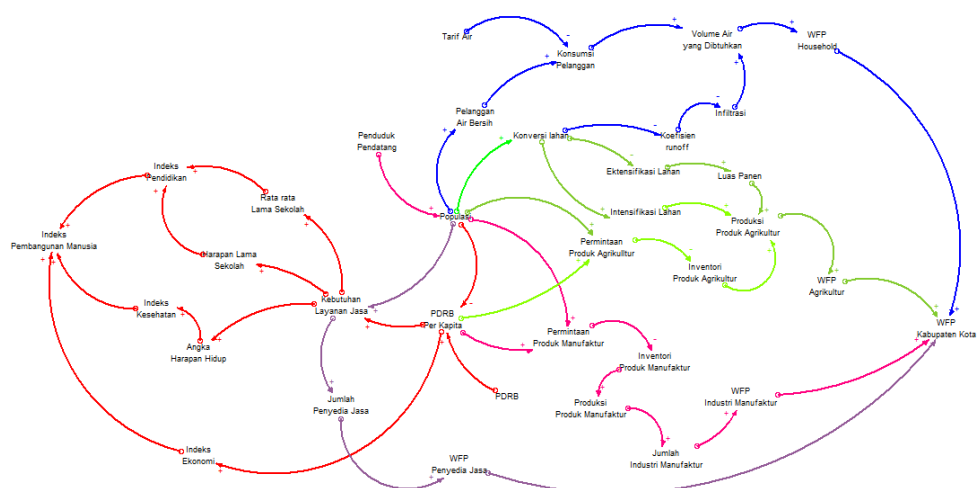
Gambar 4. 6 *Causal Loop Diagram* Utama

Causal loop diagram utama diatas menunjukkan hubungan antara beberapa sektor yang mempengaruhi indeks *water footprint*. Berdasarkan *causal loop diagram* utama diatas, modul modul tersebut dapat dikembangkan menjadi modul-modul utama sistem. Berikut merupakan gambar modul-modul utama yang dikembangkan dari sistem.



Gambar 4. 7 Modul -Modul Sistem yang Dikembangkan

Modul-modul yang dikembangkan menunjukkan bahwa aliran informasi atau aliran *rate* untuk setiap sektor. Anak panah merah berarti antar modul mempunyai hubungan informasi. Setelah *causal loop diagram* dan modul – modul yang dikembangkan diketahui, maka selanjutnya dapat dibuat *causal loop diagram* secara detail dari sistem. Berikut merupakan *causal loop diagram* dari sistem.



Gambar 4. 8 Causal Loop Diagram

Berdasarkan *causal loop* pada Gambar 4.8, maka akan dilakukan identifikasi keterkaitan antar variabel. Berikut merupakan tabel identifikasi variabel dari causal loop diatas, yakni Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Indetifikasi Keterkaitan Antar Variabel

Variabel	Variabel Entitas	
	Pre	Post
Populasi	Pertambahan Penduduk (+)	Pelanggan Air Bersih (+)
		Konversi Lahan (+)
		Permintaan Produk Agrikultur (+)
		Permintaan Produk Manufaktur (+)
		Kebutuhan Layanan Jasa (+)
		PDRB Perkapita (-)
PDRB Per Kapita	PDRB (+)	Kebutuhan Layanan Jasa (+)
	Populasi (-)	IndeksEkonomi (+)
		Permintaan Produk Manufaktur (+)
		Permintaan Produk Agrikultur (+)
Pertambahan Penduduk	-	Populasi (+)
Pelanggan Air Bersih	Populasi (+)	Konsumsi Pelanggan (+)
Konsumsi Pelanggan	Pelanggan Air Bersih (+)	Volume Air yang Dibutuhkan (+)
	Tarif Air (-)	
Volume Air yang Dibutuhkan	Konsumsi Air Pelanggan (+)	WFP Household (+)
	Infiltrasi (-)	
WFP Household	Volume Air yang Dibutuhkan (+)	WFP Kabupaten Kota (+)
Konversi Lahan	Populasi (+)	Koefisien run-off (-)
		Ekstensifikasi Lahan (-)
		Intesifikasi Lahan(+)
Koefisien run-off	Konversi Lahan (-)	Infiltrasi (-)
Infiltrasi	Koefisien run-off (-)	Volume Air yang Dibutuhkan (-)
Ektensifikasi Lahan	Konversi Lahan (-)	Luas Panen
Intensifikasi Lahan	Konversi Lahan (+)	Produksi Produk Agrikultur (+)
Luas Panen	Ekstensifikasi Lahan (+)	Produksi Produk Agrikultur (+)
Permintaan Produk Agrikultur	Populasi (+)	Inventori Produk Agrikultur (-)
	PDRB Per Kapita (+)	
Produksi Produk Agrikultur	Intensifikasi Lahan (+)	WFP Agrikultur
	Inventori Produk Agrikultu (+)	

Tabel 4. 8 Indetifikasi Keterkaitan Antar Variabel (Lanjutan)

Variabel	Variabel Entitas	
	Pre	Post
Inventori Produk Agrikultur	Permintaan Produk Agrikultur (+)	Produksi Produk Agrikultur (+)
WFP Agrikultur	Produksi Produk Agrikultur (+)	WFP Kabupaten Kota (+)
Permintaan Poduk Manufaktur	Populasi (+)	Inventori Produk Manufaktur (+)
	PDRB Per Kapita (+)	
Inventori Produk Manufaktur	Permintaan Produk Manufkatur (-)	Produksi Produk Manufaktur (+)
Produksi Produk Manufaktur	Inventori Produk Manufaktur (+)	Jumlah Industri Manufaktur (+)
Jumlah Industri Manufaktur	Produksi Produk Manufaktur (+)	WFP Industri Manufaktur (+)
WFP Industri Manufaktur	Jumlah Industri Manufaktur (+)	WFP Kabupaten Kota (+)
Kebutuhan Layanan Jasa	Populasi (+)	Jumlah Penyedia Jasa (+)
	PDRB Perkapita (+)	
Jumlah Penyedia Jasa	Kebutuhan Layanan Jasa (+)	WFP Penyedia Jasa (+)
WFP Penyedia Jasa	Jumlah Penyedia Jasa (+)	WFP Kabupaten Kota (+)
Indeks Ekonomi	PBRB Per Kapita (+)	Indeks Pembangunan Manudia (+)
Angak Harapan Hidup	Kebutuhan Layanan Jasa (+)	Indeks Kesehtan (+)
Indeks Kesehatan	Angka Harapan Hidup (+)	Indeks Pembangunan Manudia (+)
Harapan Lama Sekolah	Kebutuhan Layanan Jasa (+)	Indeks Pendidikan (+)
Rata - rata Lama Sekolah	Kebutuhan Layanan Jasa (+)	Indeks Pendidikan (+)
IndeksPendidikan	Rata - rata Lama Sekolah (+)	Indeks Pembangunan Manudia (+)
	Harapan Lama Sekolah (+)	
Indeks Pembangunan Manusia	Indeks Kesehatan (+)	-
	Indeks Pendidikan (+)	
	Indeks Ekonomi (+)	
WFP Kabupaten-Kota	WFP Houshold (+)	-
	WFP Agrikultur (+)	
	WFP Industri Manufaktur (+)	
	WFP Penyedia Jasa (+)	
PDRB	-	PDRB Perkapita (+)

4.2.3. Identifikasi Variabel

Identifikasi variabel dilakukan untuk mendapatkan variabel-variabel apa saja yang ada dalam sistem. Identifikasi ini didasarkan pada komponen-komponen yang berhubungan dengan sistem. Identifikasi variabel dilakukan dengan

melakukan pengamatan terhadap sistem baik secara langsung maupun tak langsung melalui berbagai langkah, baik melalui studi literatur, pencarian data dari stakeholder terkait dan melalui berita dari media terkait. Pada Tabel 4.9 hingga 4.14 ditunjukkan identifikasi variabel untuk setiap aspek yang telah diamati.

Tabel 4. 9 Identifikasi Variabel *Stock Flow* Diagram Sektor Kesejahteraan Masyarakat

Kesejahteraan Masyarakat				
No	Variabel	Deskripsi	Unit	Simbol
1	PDRB	Besarnya Produk Domestik Regional Bruto Daerah	Rupiah	<i>Converter</i>
2	PDRB perkapita	Jumlah nilai tambah bruto (gross value added) per kepala penduduk yang timbul dari seluruh sektor perekonomian di suatu wilayah	Rupiah/Orang	<i>Converter</i>
3	PDRB Sektor Industri, Jasa, Agrikultur, Household	Besarnya Produk Domestik Regional Bruto untuk sektor terkait	Rupiah	<i>Converter</i>
5	Fraksi PDRB Sektor Industri, Jasa, Agrikultur, Household	Persentase Peranan PDRB untuk setiap sektor terkait	Per waktu	<i>Converter</i>
6	Daya Beli Masyarakat	Rata-rata kemampuan beli perkapita real	Rupiah/orang	<i>Converter</i>
7	Rata - rata Lama Sekolah	Rata - rata jumlah tahun yang dihabiskan penduduk untuk menempuh pendidikan formal	Tahun	<i>Converter</i>
8	Angka Harapan Hidup	Banyaknya tahun yang ditempuh penduduk yang masih hidup pada usia tertentu	Tahun	<i>Converter</i>
9	Harapan Lama Sekolah	Jumlah tahun maksimum penduduk untuk dapat hidup	Tahun	<i>Converter</i>
10	Indeks Kesehatan	Suatu ukuran yang menunjukkan keadaan kesehatan berdasarkan angka harapan hidup	Unitless	<i>Converter</i>
11	Indeks Ekonomi	Suatu ukuran yang menunjukkan keadaan ekonomi berdasarkan PDRB, daya beli masyarakat dan pengeluaran	Unitless	<i>Converter</i>
12	Indeks Pendidikan	Suatu ukuran yang menunjukkan keadaan pendidikan berdasarkan rata - rata lama sekolah dan harapan lama sekolah	Unitless	<i>Converter</i>

Tabel 4. 9 Identifikasi Variabel *Stock Flow Diagram* Sektor Kesejahteraan Masyarakat (Lanjutan)

Kesejahteraan Masyarakat				
No	Variabel	Deskripsi	Unit	Simbol
13	Indeks Pembangunan Manusia	Nilai dari pengolahan indeks standar hidup layak, indeks pendidikan dan indeks harapan hidup	Unitless	Converter
14	Angka Imigrasi	Koefisien rata - rata penduduk Imigrasi	Per waktu	Converter
15	Imigrasi	Penduduk pendatang	Orang per waktu	Converter
16	Angka Kelahiran	Koefisien rata - rata kelahiran	Per waktu	Converter
17	Kelahiran	Kelahiran penduduk	Orang per waktu	Converter
18	Pertambahan Penduduk	Pertambahan Penduduk	Orang per waktu	Flow
19	Populasi	Jumlah Penduduk	Orang	Stock
20	Depopulasi	Berkurangnya jumlah penduduk	Orang per waktu	Flow
21	Kematian	Kematian penduduk	Orang per waktu	Converter
22	Angka Kematian	Koefisien rata rata penduduk mati	Per waktu	Converter
23	Emigrasi	Penduduk berpindah	Orang per waktu	Converter
24	Angka Emigrasi	Keofisien rata rata penduduk peindah	Per waktu	Converter

Tabel 4. 10 Identifikasi Variabel *Stock Flow Diagram* Sektor *Water Footprint*

No	Variabel	Deskripsi	Unit	Simbol
1	WFP Sektor Industri	Nilai water footprint untuk sektor industri	M3/time	Stock
2	WFP Sektor Jasa	Nilai water footprint untuk sektor industri	M3/time	Stock
3	WFP Sektor Agrikultur	Nilai water footprint untuk sektor industri	M3/time	Stock
4	WFP Sektor Household	Nilai water footprint untuk sektor industri	M3/time	Stock
5	Indeks <i>Water Footprint</i> Jawa Timur	Nilai water footprint untuk sektor industri	Unitless	Stock

Tabel 4. 11 Identifikasi Variabel *Stock Flow Diagram* Sektor *Household*

Sektor <i>Household</i>				
No	Variabel	Definisi	Unit	Simbol
1	Tingkat Penambahan Pelanggan	Penambahn pelanggan per waktu	Per tahun	Converter
2	Potensi Pelanggan	Banyaknya penduduk yang belum menjadi pelanggan dan berpotensi menjadi pelanggan	Orang	Converter

Tabel 4. 11 Identifikasi Variabel *Stock Flow Diagram Sektor Household* (Lanjutan)

Sektor Household				
No	Variabel	Definisi	Unit	Simbol
3	Pertambahan Pelanggan	Aliran pertambahan pelanggan	Orang per tahun	<i>Flow</i>
4	Pelanggan	Jumlah pelanggan air bersih	Orang	<i>Stock</i>
5	Pelanggan Berhenti	Aliran pelanggan berhenti	Orang per tahun	<i>Flow</i>
6	Tingkat Pelanggan Berhenti	Tingkat pelanggan berhenti berlangganan air bersih	Per tahun	<i>Converter</i>
7	Konsumsi Pelanggan	Banyaknya pelanggan mengkonsumsi air	m3	<i>Converter</i>
8	Konsumsi per Pelanggan	Banyaknya per pelanggan mengkonsumsi air	m3 rupiah per orang	<i>Converter</i>
9	Tarif Air	Biaya yang dikeluarkan pelanggan untuk membeli air bersih	Rupiah per m3	<i>Converter</i>
10	Alokasi Pengeluaran	Jumlah alokasi pengeluaran uang untuk air bersih	Rupiah per m3	<i>Converter</i>
11	Persentase Pengeleuran	Persentase alokasi pengeluaran untuk air bersih	per m3	<i>Converter</i>
12	Air Tanah yang Digunakan	Sumber yang diambil berasal dari air tanah	m3	<i>Converter</i>
13	Air Waduk	Sumber yang diambil berasal dari waduk	m3	<i>Converter</i>
14	Sumber Air Lainnya	Sumber air lainnya	m3	<i>Converter</i>
15	Air Baku	Total air yang dapat di produksi menjadi air bersih	m3	<i>Converter</i>
16	Produktivitas Air Baku	Tingkat produktivitas air baku yang dapat dijadikan air bersih	per waktu	<i>Converter</i>
17	Laju Kapasitas Produksi	Laju kapasitas produksi	m3/waktu	<i>Flow</i>
18	Kapasitas Produksi	Kapasitas produksi air bersih Jawa Timur	m3	<i>Stock</i>
19	Efektifitas Produksi	Efektifitas produksi air bersih dari kapasitas produksi	per waktu	<i>Converter</i>
20	Laju Produksi	laju produksi air bersih	m3 per waktu	<i>Flow</i>
21	Persediaan Air	Persediaan air bersih Jawa Timur	m3	<i>Stock</i>
22	Volume Air yang Dibutuhkan	Volume yang dibutuhkan untuk memenuhi konsumsi pelanggan	m3	<i>Converter</i>

Tabel 4. 11 Identifikasi Variabel *Stock Flow Diagram* Sektor *Household* (Lanjutan)

Sektor Household				
No	Variabel	Definisi	Unit	Simbol
23	Tingkat Kebutuhan Air	Tingkan kebutuhan air yang dibutuhkan	per waktu	<i>Converter</i>
24	WFP green	Nilai green water footprint sektor household	m3/tahun	<i>Converter</i>
25	WFP Blue	Nilai blue water footprint sektor household	m3/tahun	<i>Converter</i>
26	Penggunaan green water	Penggunaan green water sektor household	per taun	<i>Converter</i>
27	Penggunaan blue water	Penggunaan blue water sektor household	per tahun	<i>Converter</i>
28	WFP Household	Nilai WFP sektor household	m3 per tahun	<i>Stock</i>

Tabel 4. 12 Identifikasi *Variabel Stock Flow Diagram* Sektor Industri

Sektor Industri				
No	Variabel	Deskripsi	Unit	Simbol
1	Persentase Pengeluaran Produk Industri	Persentase alokasi pengeluaran untuk pembelian produk industri	Rupiah per waktu	<i>Converter</i>
2	Alokasi Pengeluaran Pembelian produk	Jumlah alokasi pengeluaran uang untuk pembelian produk industri	Rupiah per orang per waktu	<i>Converter</i>
3	PDRB Industri Perkapita	Jumlah PDRB sektor Industri perkapita	Rupiah per orang	<i>Converter</i>
4	Penambahan Alokasi	Laju pertumbuhan demand untuk produk industri perkapita	Rupiah per waktu	<i>Flow</i>
5	Total Alokasi Pengeluaran	Jumlah alokasi pengeluaran untuk kebutuhan produk industri	Rupiah	<i>Stock</i>
6	Kebutuhan Produk Industri	total kebutuhan produk industri	Unit	<i>Converter</i>
7	Variabel Produksi Sektor Industri	Koefisien peningkatan jumlah unit industri daerah Jawa Timur	Unitless	<i>Converter</i>
8	Demand Awal Produk Industri	Jumlah Demand produk industri pada tahun 2010	Unit	<i>Converter</i>
9	Jumlah Industri Jawa Timur	Jumlah Total indutri besar, sedang dan lainnya di Jawa Timur	Unit	<i>Converter</i>
10	Green WFP Industri	Nilai green water footprint sektor industri	M3 per waktu	<i>Converter</i>
11	Blue WFP Industri	Nilai blue water footprint sektor industri	M3 per waktu	<i>Converter</i>
12	Gray WFP Industri	Nilai gray water footprint sektor industri	M3 per waktu	<i>Converter</i>

Tabel 4. 12 Identifikasi Variabel *Stock Flow* Diagram Sektor Industri (Lanjutan)

Sektor Industri				
No	Variabel	Deskripsi	Unit	Simbol
13	Penggunaan green water oleh satu industri	Total Penggunaan air permukaan Oleh sektor Industri	M3 per waktu per unit	<i>Converter</i>
14	Penggunaan blue water oleh satu industri	Total Penggunaan air tanah Oleh sektor Industri	M3 per unit per waktu	<i>Converter</i>
15	Penggunaan gray water oleh satu industri	Total Penggunaan air pengolahan limbah Oleh sektor Industri	M3 per unit per waktu	<i>Converter</i>
16	Tingkat Kebutuhan tiap Penduduk	Koefisien tingkat kebutuhan produk industri manufaktur tiap penduduk	Unit per orang	<i>Converter</i>
17	Laju WFP Sektor Industri	Pertambahan nilai water footprint	M3 per waktu	<i>Flow</i>
18	WFP Sektor Industri	Nilai water footprint untuk sektor industri manufaktur	M3	<i>Stock</i>

Tabel 4. 13 Identifikasi Variabel *Stock Flow* Diagram Sektor Jasa

Sektor Jasa				
No	Variabel	Definisi	Unit	Simbol
1	Persentase Pengeluaran Layanan Pendidikan	Persentase alokasi pengeluaran untuk layanan jasa pendidikan	Per unit	<i>Converter</i>
2	Alokasi Pengeluaran Layanan Pendidikan	Jumlah alokasi pengeluaran uang untuk layanan jasa pendidikan	Rupiah per orang per unit	<i>Converter</i>
3	Persentase Pengeluaran Layanan Kesehatan	Persentase alokasi pengeluaran untuk layanan jasa kesehatan	Per unit	<i>Converter</i>
4	Alokasi Pengeluaran Layanan Kesehatan	Jumlah alokasi pengeluaran uang untuk layanan jasa kesehatan	Rupiah per orang per unit	<i>Converter</i>
5	PDRB Sektor Jasa	Besarnya Produk Domestik Regional Bruto untuk sektor jasa	Rupiah per orang per unit	<i>Converter</i>
6	Alokasi Pengeluaran Untuk Layanan Jasa Lainnya	Jumlah alokasi pengeluaran uang untuk layanan jasa lainnya (perkantoran, hotel, dan restaurant)	Rupiah per orang per unit	<i>Converter</i>
7	Persentase Pengeluaran Layanan Jasa Lainnya	Persentase alokasi pengeluaran untuk layanan jasa lainnya (perkantoran, hotel, dan restaurant)	Per unit	<i>Converter</i>
8	Kebutuhan Layanan Pendidikan	Layanan pendidikan yang dibutuhkan oleh penduduk	Unit per waktu	<i>Converter</i>
9	Kebutuhan Layanan Kesehatan	Layanan kesehatan yang dibutuhkan oleh penduduk	Unit per waktu	<i>Converter</i>

Tabel 4. 13 Identifikasi Variabel *Stock Flow* Diagram Sektor Jasa (Lanjutan)

Sektor Jasa				
No	Variabel	Definisi	Unit	Simbol
10	Kebutuhan Layanan Jasa Lainnya	Layanan jasa lainnya yang dibutuhkan oleh penduduk	Unit per waktu	<i>Converter</i>
11	Penambahan Layanan Pendidikan	Aliran permintaan layanan pendidikan	Unit per waktu	<i>Flow</i>
12	Penambahan Layanan Kesehatan	Aliran permintaan layanan kesehatan	Unit per waktu	<i>Flow</i>
13	Penambahan Layanan Jasa Lainnya	Aliran permintaan layanan jasa lainnya	Unit per waktu	<i>Flow</i>
14	Jumlah Layanan Pendidikan	Banyaknya layanan pendidikan	Unit	<i>Stock</i>
15	Jumlah Layanan Kesehatan	Banyaknya layanan kesehatan	Unit	<i>Stock</i>
16	Jumlah Layanan Jasa Lainnya	Banyaknya layanan jasa kesehatan	Unit	<i>Stock</i>
17	Penggunaan Blue Water	Penggunaan blue water untuk satu pengguna jasa	m3 per unit per waktu	<i>Converter</i>
18	Penggunaan Gray Water	Penggunaan gray water untuk satu pengguna jasa	m3 per unit per waktu	<i>Converter</i>
19	Penggunaan Green Water	Penggunaan green water untuk satu pengguna jasa	m3 per unit per waktu	<i>Converter</i>
20	WFP Green Jasa	Nilai green water footprint sektor jasa	m3 per waktu	<i>Converter</i>
21	WFP Blue Jasa	Nilai blue water footprint sektor jasa	m3 per waktu	<i>Converter</i>
22	WFP Gray Jasa	Nilai gray water footprint sektor jasa	m3 per waktu	<i>Converter</i>
23	WFP sektor Jasa	Nilai water footprint sektor jasa	m3	<i>Stock</i>
24	Jumlah Layanan Jasa	Banyaknya jumlah layanan jasa	Unit	<i>Converter</i>

Tabel 4. 14 Identifikasi Variabel *Stock Flow* Diagram Sektor Agrikultur

Sektor Agrikultur				
No	Variabel	Definisi	Unit	Simbol
1	Pelebaran Lahan	Tingkat ekstensifikasi lahan agrikultur	Per waktu	Converter
2	Laju Luas Panen Padi	Laju pertambahan luas panen padi	Hektar per waktu	Flow
3	Luas Panen Padi	Luas panen padi	Hektar	Stock
4	Alih Fungsi	Lahan panen yang dialih fungsikan (residensial, industri)	Per waktu	Converter
5	Produktivitas Padi	Tingkat produktivitas padi dari luas panen padi	Ton per hektar per waktu	Converter
6	Laju Panen Padi	Laju pertambahan panen padi	Ton per waktu	Flow
7	Persediaan Padi	Total persediaan padi	Ton	Stock

Tabel 4. 14 Identifikasi Variabel *Stock Flow* Diagram Sektor Agrikultur (Lanjutan)

Sektor Agrikultur				
No	Variabel	Definisi	Unit	Simbol
8	Tingkat Pemenuhan Demand Padi	Tingkat Pemenuhan Demand Padi berdasarkan persediaan	Per waktu	Converter
9	Kebutuhan Padi	Laju kebutuhan padi	Ton per waktu	Flow
10	WFP Green Padi	Nilai green water footprint padi	m ³ per waktu	Converter
11	WFP Blue Padi	Nilai blue water footprint padi	m ³ per waktu	Converter
12	Green Virtual Water	Konversi penggunaan green water untuk setiap luas panen	m ³ per ton per waktu	Converter
13	Blue Virtual Water	Konversi penggunaan blue water untuk setiap luas panen	m ³ per ton per waktu	Converter
14	Penggunaan Green Water	Penggunaan green water	m ³ per hektar per ton per waktu	Converter
15	Penggunaan Blue Water	Penggunaan blue water	m ³ per hektar per ton per waktu	Converter
16	Laju Luas Panen Jagung	Laju pertambahan luas panen jagung	Ton per hektar	Flow
17	Luas Panen Jagung	Luas panen jagung	Hektar	Stock
18	Produktivitas Jagung	Tingkat produktivitas padi dari luas panen jagung	Ton per hektar per waktu	Converter
19	Laju Panen Jagung	Laju pertambahan panen jagung	Ton per waktu	Flow
20	Persediaan Jagung	Total persediaan jagung	Ton	Stock
21	Tingkat Pemenuhan Demand Jagung	Tingkat Pemenuhan Demand Jagung berdasarkan persediaan	Per waktu	Converter
22	Kebutuhan Jagung	Laju kebutuhan jagung	Ton per waktu	Flow
23	WFP Green Jagung	Nilai green water footprint jagung	m ³ per waktu	Converter
24	WFP Blue Jagung	Nilai blue water footprint jagung	m ³ per waktu	Converter
25	Laju Luas Panen Palawija	Laju pertambahan luas panen palawija	Hektar per waktu	Flow
26	Luas Panen Palawija	Luas panen palawija	Hektar	Stock
27	Produktivitas Palawija	Tingkat produktivitas padi dari luas panen palawija	Ton per hektar per waktu	Converter
28	Laju Panen Palawija	Laju pertambahan panen palawija	Ton per waktu	Flow
29	Persediaan Palawija	Total persediaan palawija	Ton	Stock

Tabel 4. 14 Identifikasi Variabel *Stock Flow Diagram* Sektor Agrikultur (Lanjutan)

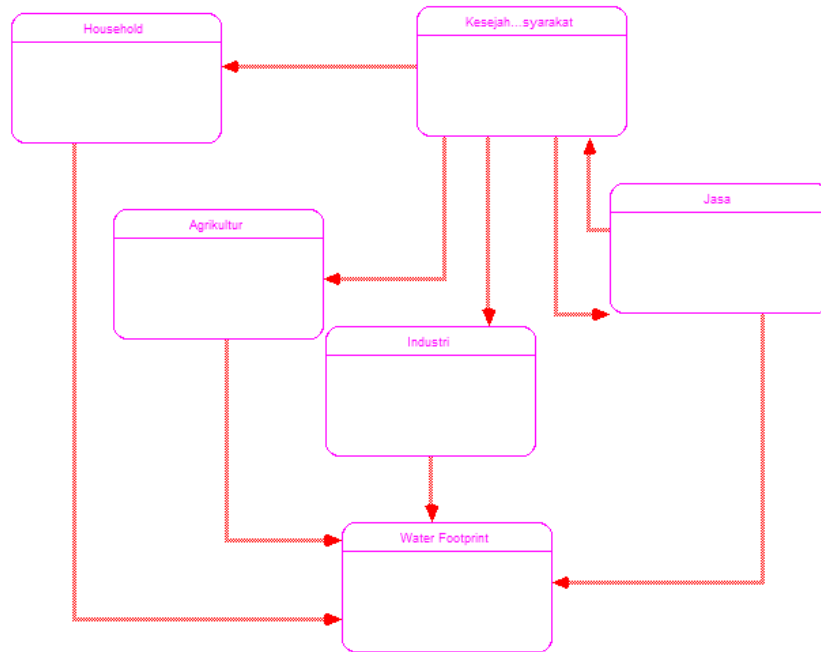
Sektor Agrikultur				
No	Variabel	Definisi	Unit	Simbol
30	Tingkat Pemenuhan Demand Palawija	Tingkat Pemenuhan Demand Palawija berdasarkan persediaan	Per waktu	Converter
31	Kebutuhan Palawija	Laju kebutuhan pawija	Ton per waktu	Flow
32	WFP Green Palawija	Nilai green water footprint palawija	m ³ per waktu	Converter
33	WFP Blue Pawija	Nilai blue water footprint palawija	m ³ per waktu	Converter
34	PDRB Agrikultur perkapita	Jumlah nilai tambah bruto (gross vlaue added) per kepala penduduk yang timbul dari seluruh sektor perekonomian di suatu wilayah untuk sektro agrikultur	Rupiah per orang	Converter
35	Persentase Pengeluaran Agrikultur	Persentase alokasi pengeluaran untuk Agrikultur	%	Converter
36	Alokasi Pengeluaran Agrikultur	Jumlah alokasi pengeluaran uang untuk agrikultur	Rupiah per orang	Converter
37	Tingkat Pengeluaran Agrikultur	Tingkat Pengeluaran Agrikultur berdasrkan PDRB dan alokasi pengeluaran	%	Converter
38	Fraksi Demand	Persentase permintaan untuk setiap komoditi	Per waktu	Converter
39	WFP Agrikultur	Nilai Water footprint sektor agrikultur	m ³	Stock

4.3. *Stock and Flow Diagram*

Stock and flow diagram disusun dengan acuan *causal loop diagram* yang telah disusun sebelumnya. *Stock and flow diagram* disusun untuk menggambarkan interaksi antar variabel sesuai dengan logika struktur pada *dynamics modelling software* yang digunakan sehingga dapat menjadi alat yang dapat digunakan mensimulasikan perilaku dinamis dari sistem yang diamati, dimana dalam penelitian ini adalah perilaku setiap variabel dari faktor-faktor yang mempengaruhi indeks *water footprint* serta seberapa besar pengaruhnya terhadap kesejahteraan masyarakat Provinsi Jawa Timur.

4.3.1. Model Utama Sistem

Gambar 4.9 merupakan model utama dari konsumsi air atau *water footprint* provinsi Jawa Timur serta keterkaitannya dengan aspek kesejahteraan masyarakat.



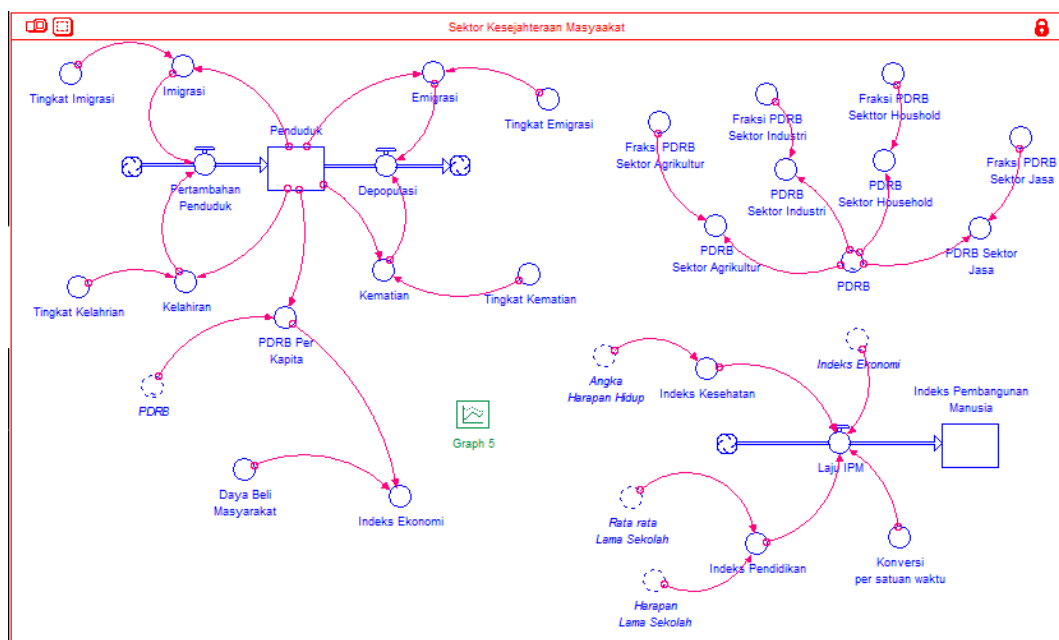
Gambar 4. 9 Model Utama Sistem *Water Footprint* Jawa Timur

Berdasarkan Gambar 4.3, model utama dari sistem terdiri dari beberapa submodel yang saling berkaitan, dimana diantaranya adalah submodel Kesejahteraan Masyarakat, *Water Footprint* Jawa Timur, submodel Sektor *Household*, Industrial manufaktur, Jasa, serta submodel agrikultur. Setiap submodel memiliki interaksi serta pengaruh terhadap submodel bersesuaian yang digambarkan menggunakan panah berwarna merah.

4.3.2. Submodel Kesejahteraan Masyarakat

Submodel Kesejahteraan Masyarakat menunjukkan bagaimana variabel Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) menjadi variabel input dan mempengaruhi variabel lainnya. PDRB sebagai inputan variabel Kesejahteraan Masyarakat terdiri dari beberapa bagian, dimana dalam penelitian ini bagian dari PDRB dibagi menjadi PDRB sektor Industri, PDRB sektor Jasa, Agrikultur dan

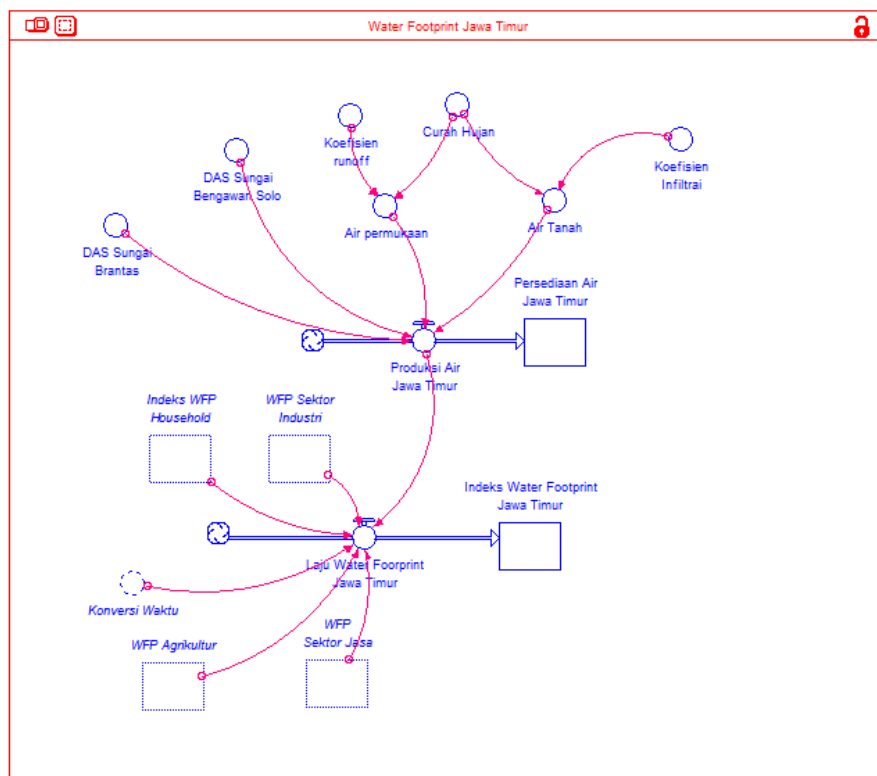
PDRB sektor *Household* di provinsi Jawa Timur. Masing-masing dari bagian PDRB tersebut tersusun dari bagian persentase atau fraksi dari PDRB sektor terkait di provinsi Jawa Timur. Selain memperlihatkan pengaruh dari variabel kesejahteraan masyarakat dari PDRB, submodel ini juga memperlihatkan bagaimana variabel Indeks Pembangunan Manusia dibentuk, dimana PDRB sebagai inputan akan berperan dalam perkembangan indeks ekonomi bersama dengan daya beli masyarakat dari komponen penyusun IPM. PDRB yang digunakan untuk membentuk indeks ekonomi merupakan PDRB perkapita yang sebelumnya dipengaruhi oleh penduduk Jawa Timur. PDRB perkapita dan daya beli masyarakat (pengeluaran riil masyarakat) akan mempengaruhi seberapa besar indeks ekonomi dimana indeks ekonomi digunakan sebagai variabel pembantu yang mengukur seberapa besar perkembangan IPM. Selain Indeks ekonomi, IPM juga akan dipengaruhi oleh Indeks Pendidikan (harapan lama sekolah dan rata rata lama sekolah) dan Indeks kesehatan (angka harapan hidup) yang akan dibahas lebih lanjut pada submodel Sektor Jasa. Berikut pada gambar 4.10 merupakan diagram simulasi untuk submodel kesejahteraan masyarakat



Gambar 4. 10 Submodel Kesejahteraan Masyarakat

4.3.3. Submodel Water Footprint Jawa Timur

Submodel Konsumsi Energi dan *Water Footprint* menjelaskan mengenai bagaimana konsumsi total dari daerah Jawa Timur dihitung. Total *water footprint* Jawa Timur diperoleh dari Laju *Water Footprint* yang dihitung berdasarkan jumlah dari *water footprint* dari setiap sektor. *Water footprint* setiap sektor memiliki nilai yang berbeda antara sektor jasa, agrikultur, industri dan *household*. Walaupun penggunaan *water* setiap sektornya dihitung berdasarkan penggunaan air setiap tahunnya, namun dalam penelitian ini diasumsikan perubahan tersebut tetap. Berikut pada gambar 4.11 merupakan diagram simulasi untuk submodel *Water Footprint* Jawa Timur.

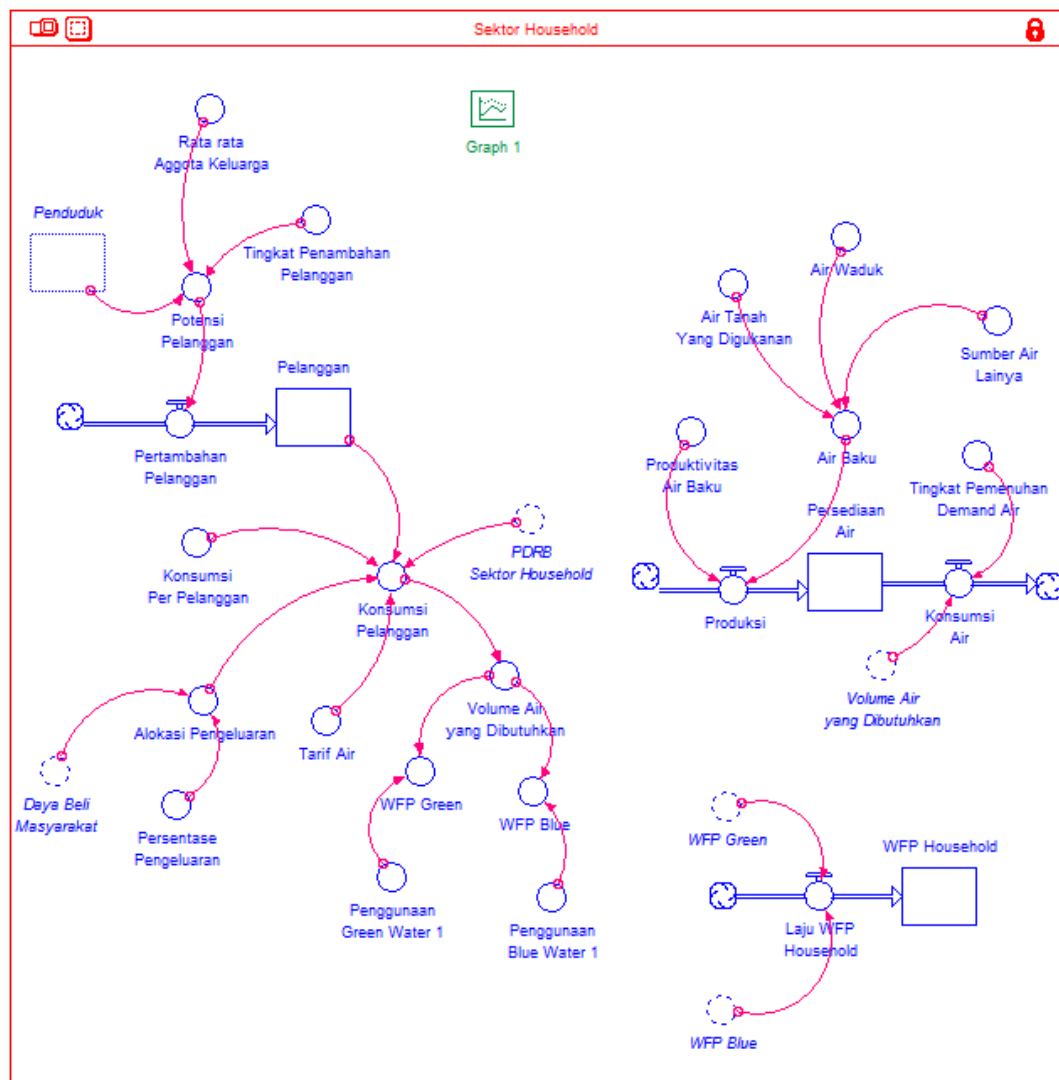


Gambar 4. 11 Submodel *Water Footprint* Jawa Timur

4.3.4. Submodel Sektor Household

Submodel sektor *household* menunjukkan bagaimana sektor rumah tangga mengkonsumsi air. Dalam submodel ini konsumsi air rumah tangga dipengaruhi oleh banyaknya pelanggan, tarif air bersih itu sendiri, PDRB untuk sektor air bersih dan jual alokasi pengeluaran. Kemudian dari konsumsi

pelanggan tersebut dapat diketahui volume air yang dibutuhkan dair rumahtangga Jawa Timur. Air bersih yang diproduksi di Jawa Timur berasal dari air tanah, wadu dan sumber air lainnya seperti sungai, mata air dll. Berdasarkan volume air yang dibutuhkan oleh pelanggan maka dapat dihitung nilai *water footprint* untk sektor *household*. Pada gambar 4.12 ditampilkan diagram simulasi untuk submodel sektor *residential*.

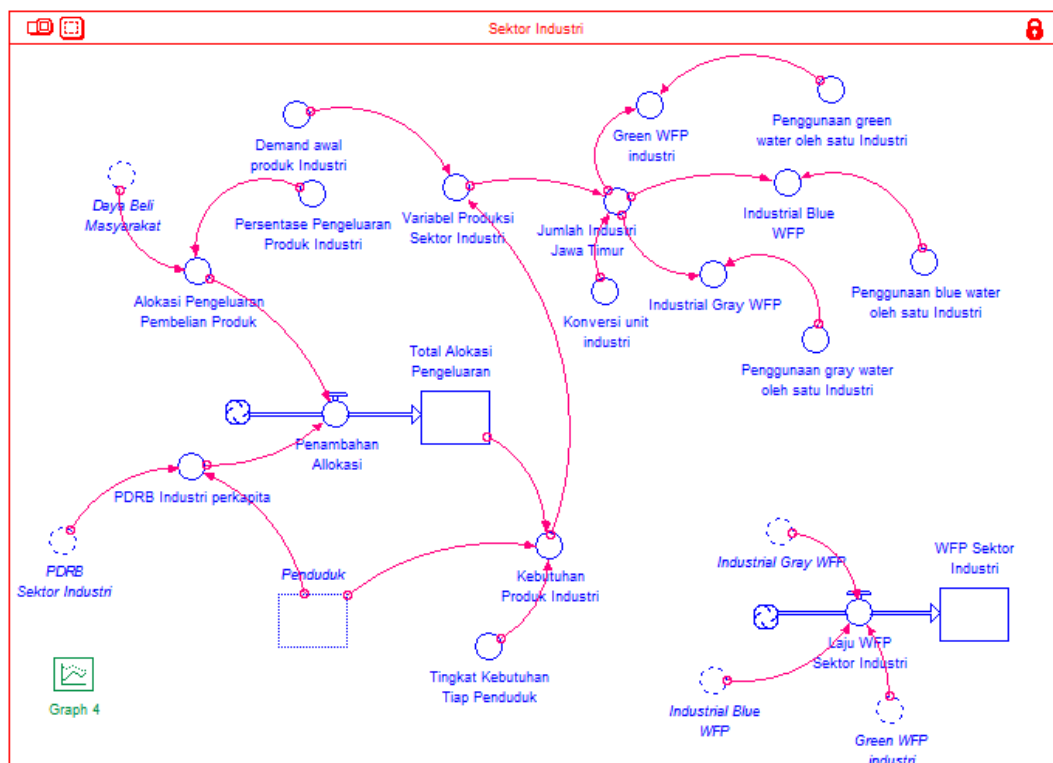


Gambar 4. 12 Submodel Sektor *Household*

4.3.5. Submodel Sektor Industri

Submodel sektor Industri memperlihatkan bagaimana sektor Industri mempunyai nilai *water footprint* yang ikut menyumbang untuk nilai *water*

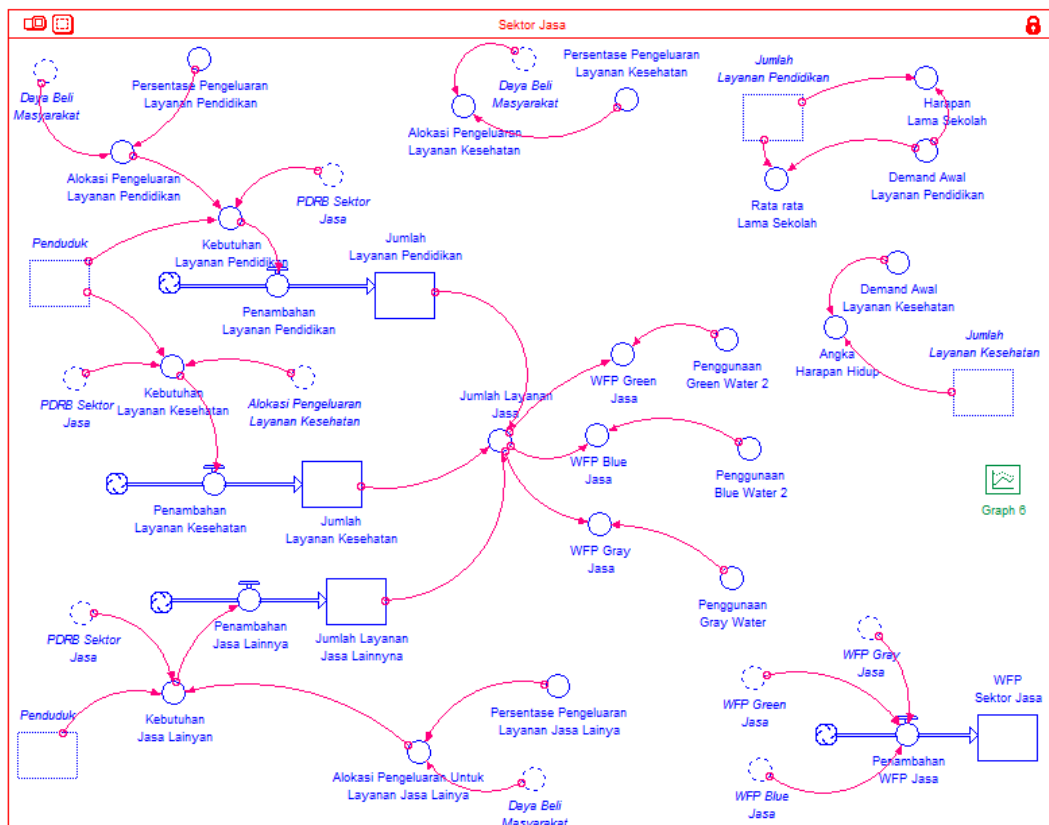
footprint Jawa Timur. Dalam submodel ini konsumsi air dipengaruhi oleh jumlah unit industri yang ada di Jawa Timur. Jumlah unit industri akan dipengaruhi secara langsung oleh permintaan akan produk industri yang dipengaruhi oleh permintaan produk industri perkapita. Permintaan produk industri perkapita akan dipengaruhi oleh alokasi dari masyarakat dalam pembelian produk industri dan PDRB dari sektor industri itu sendiri. Alokasi pengeluaran pembelian produk dipengaruhi oleh persentase pengeluaran untuk produk industri serta daya beli yang telah dijelaskan pada submodel kesejahteraan masyarakat, sedangkan PDRB perkapita untuk sektor industri akan dipengaruhi oleh populasi dan PDRB sektor industri yang telah dijelaskan pada submodel sebelumnya. Dari data mengenai penggunaan air total untuk sektor industri, maka dapat ditentukan nilai *water footprint* untuk sektor industri melalui penggunaan *water* untuk setiap satu unit industri. Pada gambar 4.13 ditampilkan diagram simulasi untuk submodel sektor Industri.



Gambar 4. 13 Submodel Sektor Industri

4.3.6. *Submodel Sektor Jasa*

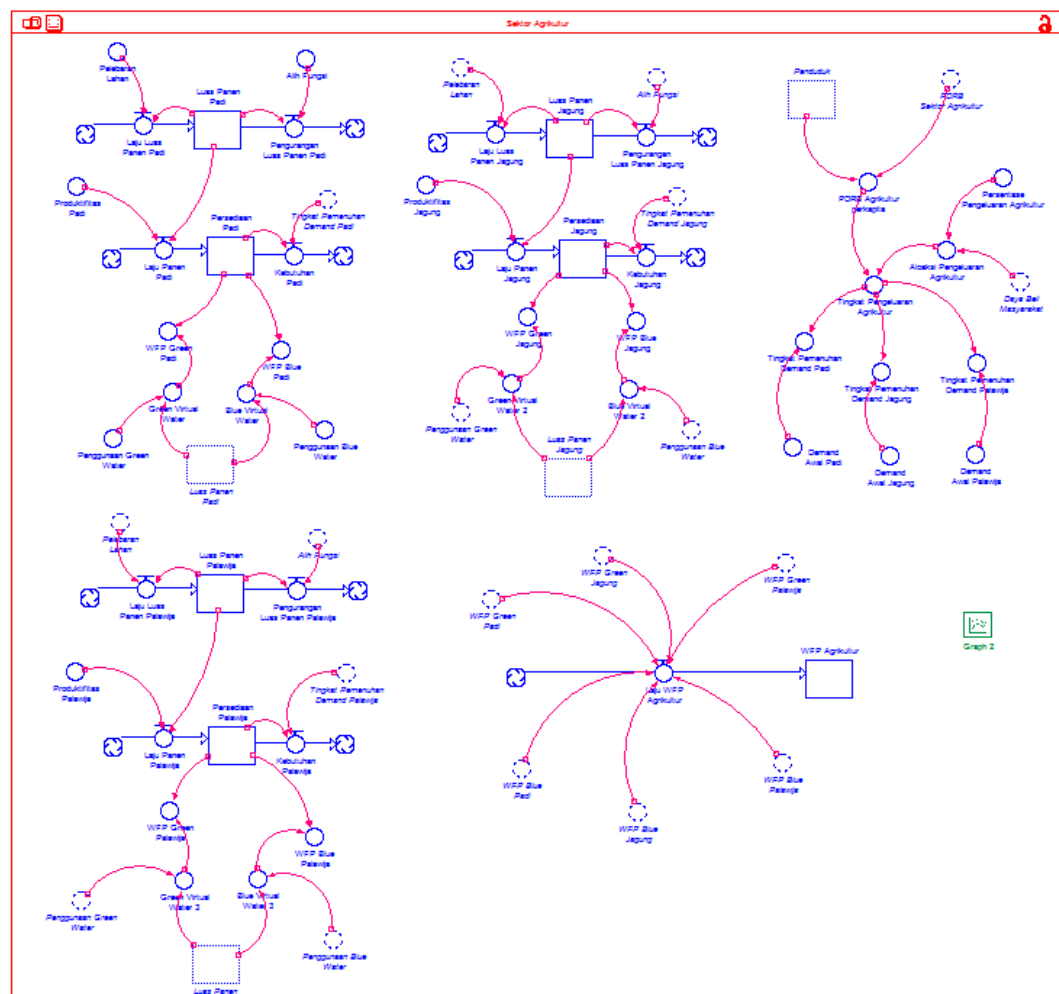
Submodel sektor jasa akan menjelaskan mengenai bagaimana penggunaan air oleh sektor jasa diperoleh. Menggunakan pendekatan yang sama dengan pendekatan pada submodel sektor industri, dalam submodel ini konsumsi air akan dipengaruhi oleh jumlah bagian sektor jasa yang ada. Jumlah bagian sektor jasa akan dipengaruhi secara langsung oleh kebutuhan dari layanan kesehatan, pendidikan dan jasa lainnya yang dipengaruhi oleh PDRB sektor jasa sendiri dan alokasi pengeluaran dari masing-masing layanan. Selain memperlihatkan bagaimana konsumsi air dari sektor jasa, submodel ini juga berpengaruh terhadap IPM dimana nilai dari harapan lama sekolah, rata – rata lama sekolah dan angka harapan hidup diperoleh. Dari submodel ini, ditentukan seberapa besar peningkatan dari permintaan layanan pendidikan dan kesehatan dimana dengan semakin tingginya permintaan layanan pendidikan dan kesehatan, akan menunjukkan peningkatan kesadaran masyarakat akan layanan tersebut. Koefisien peningkatan yang telah diperoleh kemudian akan dikonversikan menjadi indeks pembangunan manusia pada submodel kesejahteraan masyarakat yang telah dibahas pada sub-bab sebelumnya. Pada gambar 4.14 ditampilkan diagram simulasi untuk submodel sektor Jasa.



Gambar 4. 14 Submodel Sektor Jasa

4.3.7. Submodel Sektor Agrikultur

Submodel sektor agrikultur memperlihatkan bagaimana sektor agrikultur mempengaruhi konsumsi air Jawa Timur. Dalam submeodel ini, *water footprint* sektor agrikultur dipengaruhi oleh total persediaan tiap komoditi agrikultur dan juga luas areal panen. Dalam submodel ini tingkat pemenuhan deman untuk setiap komoditi dipengaruhi oleh deman dan tingkat pengeluaran. Tingkat pengeluaran langsung dipengaruhi oleh PDRB sektor agrikultur sendiri dan juga alokasi pengeluaran. Pada gambar 4.15 ditampilkan diagram simulasi untuk submodel sektor transportasi.



Gambar 4. 15 Submodel Sektor Transportasi

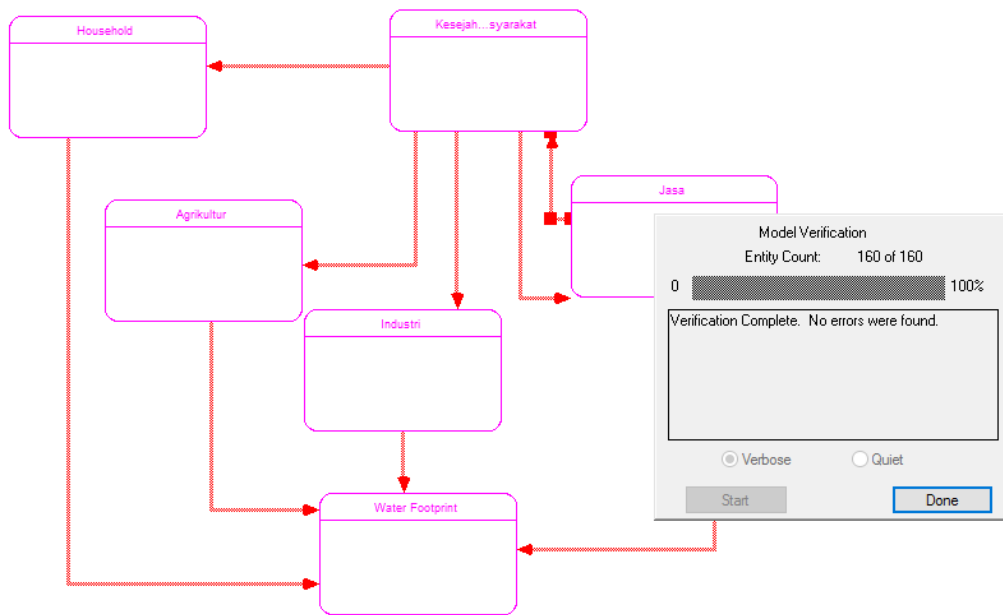
4.4. Verifikasi dan Validasi

Verifikasi dan validasi dilakukan untuk memastikan bahwa model yang dibuat telah merepresentasikan sistem nyata. Langkah ini dilakukan dengan menggunakan berbagai mekanisme pengujian model yaitu uji struktur model, uji kinerja/output model, uji parameter model, uji kecukupan batasan, uji kondisi ekstrim, dan uji perilaku model.

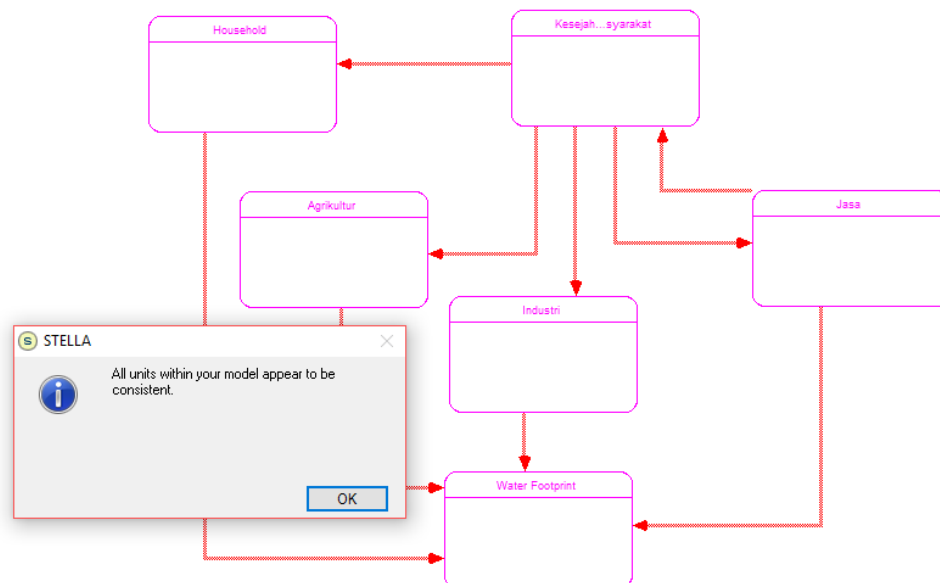
4.4.1. Verifikasi Model

Verifikasi model merupakan langkah pengecekan model apakah secara logika dan matematis telah benar dan data yang digunakan telah tepat serta memastikan konsistensi dari setiap ekspresi dalam model (Daellenbach & McNickle, 2005). Pada model simulasi yang telah disusun sebelumnya, langkah

verifikasi dilakukan dengan memeriksa formulasi (*equation*) serta memeriksa unit (satuan) variabel dari model. Model simulasi yang telah dibuat telah terverifikasi. Berikut pada gambar 4.16 dan 4.17 ditampilkan hasil verifikasi model yang telah dilakukan terhadap model.



Gambar 4. 16 Verifikasi Model Keseluruhan



Gambar 4. 17 Verifikasi Unit Model

4.4.2. *Validasi Model*

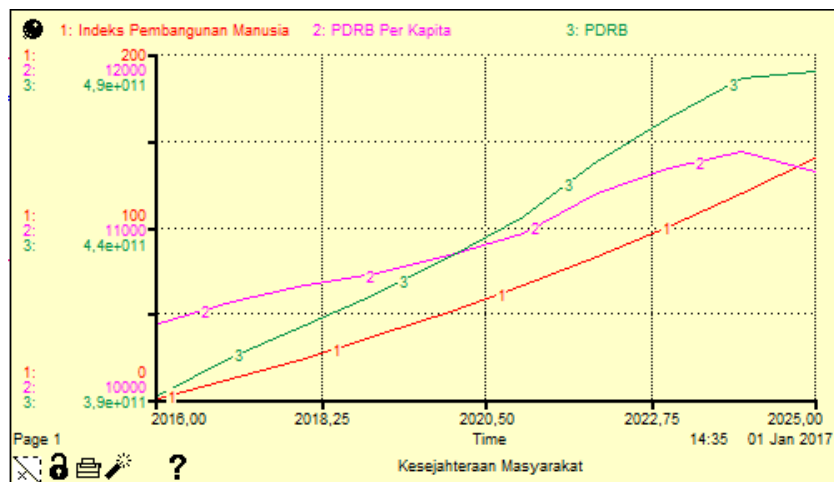
Validasi digunakan untuk mengetahui apakah model yang disusun telah merepresentasikan keadaan nyata dan model yang dibangun telah sesuai terhadap tujuan pemodelan. Model divalidasi baik secara *white-box* yang meliputi uji struktur, uji parameter, uji kecukupan batasan, dan uji kondisi ekstrim maupun secara *black-box* yaitu uji perilaku model.

4.1.1.1. Uji Struktur Model

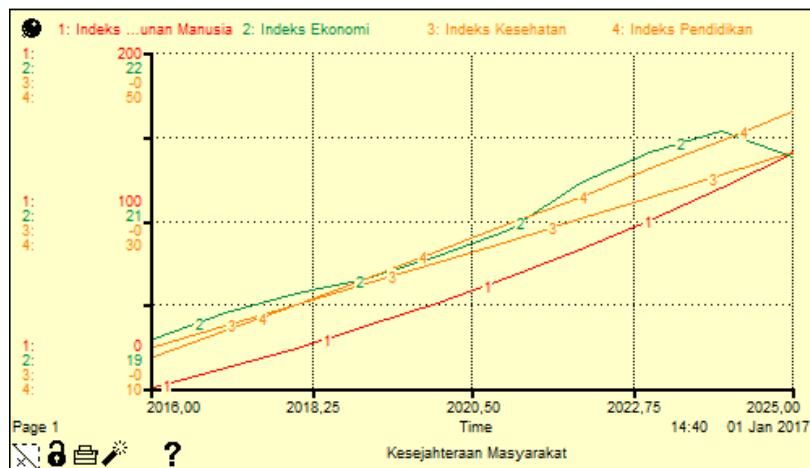
Struktur sistem merupakan hubungan antar komponen-komponen yang membentuk sistem tersebut. Uji struktur model merupakan metode pengujian dengan melihat model sistem secara *white-box*. Adapun tujuan dari mekanisme pengujian ini adalah untuk memeriksa apakah struktur model yang telah dibuat sudah merepresentasikan struktur pada sistem aktualnya. Hal utama yang harus dipertimbangkan dalam sistem dinamik adalah eksploitasi sistem nyata, pengalaman dan intuisi (hipotesis), sedangkan data memainkan peranan sekunder (Wirjodirdjo, 2012). Validasi dari struktur model dilakukan dengan pembangunan model berdasarkan literatur dengan kajian sejenis yaitu terkait *water footprint* yang bersumber dari konsumsi air dari beberapa sektor dan indeks pembangunan manusia sebuah daerah. Logika model didasarkan atas teori dan formula matematis dari literatur. Selain literatur, pengujian struktur model juga melibatkan pihak yang memahami keadaan dan konsumsi air di Jawa Timur. Evaluator telah menerima variabel yang terkait beserta interaksinya sehingga model dapat dikatakan valid secara struktur.

4.1.1.2. Uji Parameter Model

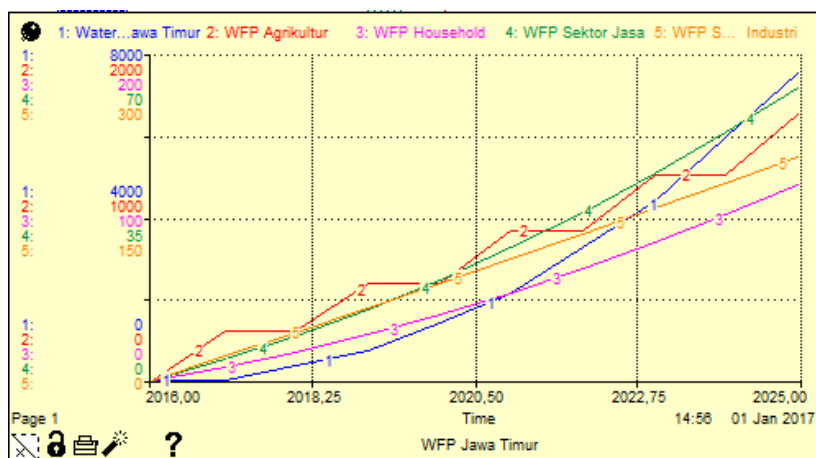
Uji parameter model merupakan uji untuk mengetahui konsistensi nilai parameter dalam model simulasi. Uji parameter model dapat dilakukan dengan validasi logika hubungan antar variabel dalam model. Hubungan antar variabel dalam model yang sebelumnya telah digambarkan melalui diagram *causal loop* akan diuji melalui gambaran grafik dari simulasi model yang telah dibuat. Berikut pada gambar 4.18 hingga gambar 4.24 ditampilkan uji parameter pada masing-masing submodel.



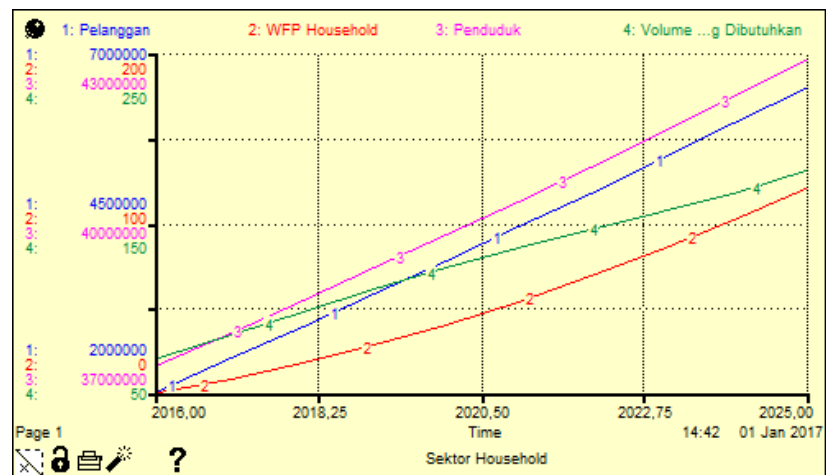
Gambar 4. 18 Uji Parameter Submodel Kesejahteraan masyarakat



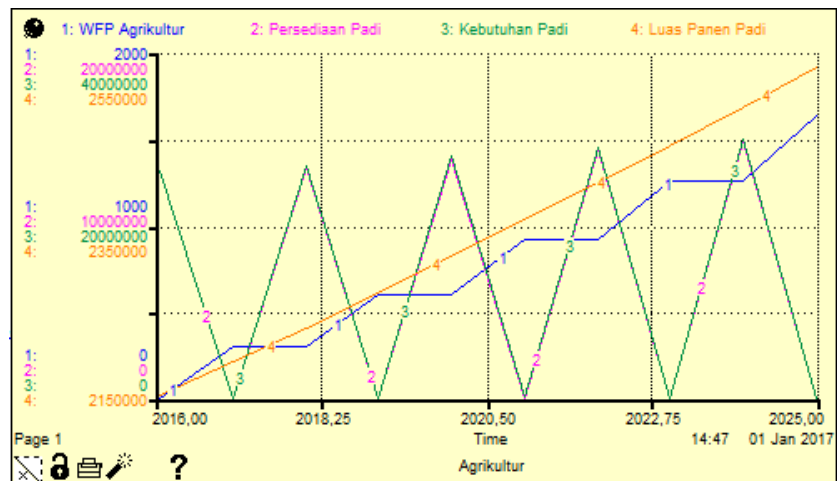
Gambar 4. 19 Uji Parameter Submodel Kesejahteraan Masyarakat



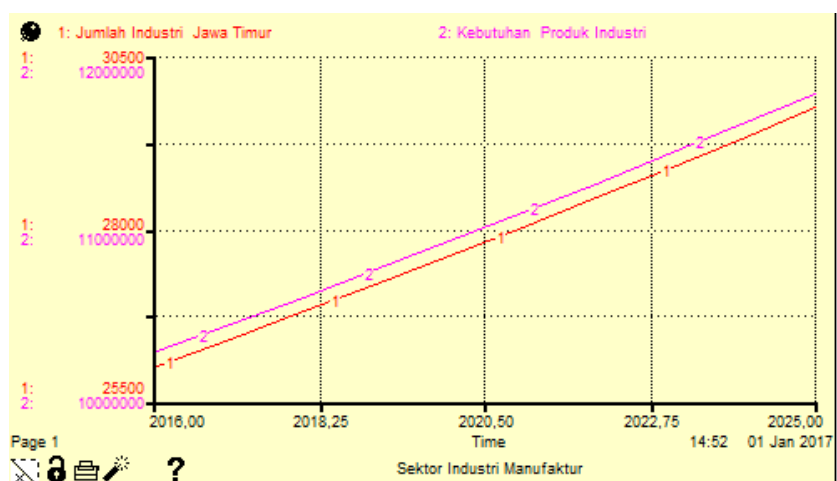
Gambar 4. 20 Uji Parameter Submodel *WaterFootprint* Jawa Timur



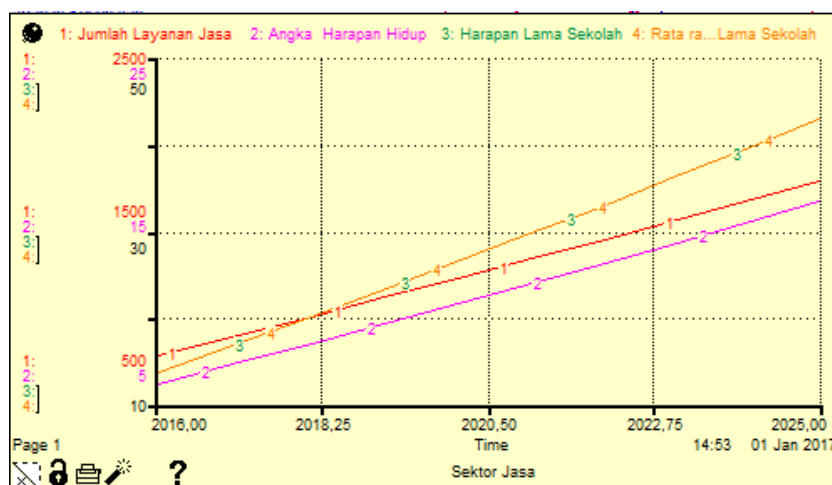
Gambar 4. 21 Uji Parameter Submodel *Household*



Gambar 4. 22 Uji Parameter Submodel Agrikultur



Gambar 4. 23 Uji Parameter Submodel Industri



Gambar 4. 24 Uji Parameter Submodel Jasa

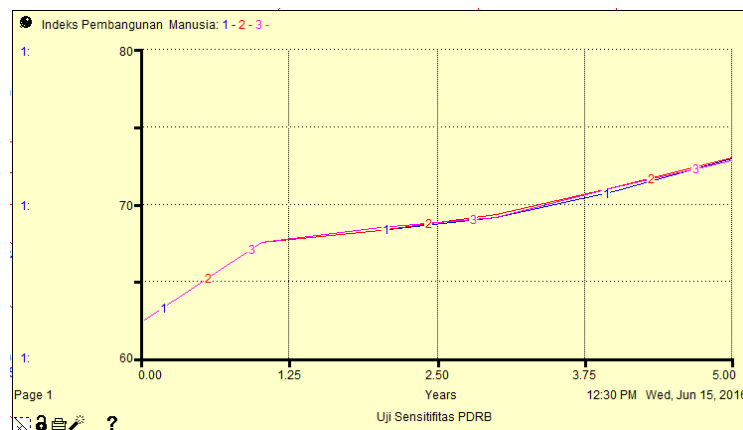
Berdasarkan pada Gambar 4.18 hingga Gambar 4.24, hasil uji parameter terhadap masing-masing submodel menunjukkan bahwa variabel-variabel yang telah ditampilkan pada masing-masing submodel telah mengikuti logika hubungan antar variabel yang telah digambarkan melalui diagram *causal loop*, baik hubungan negatif ataupun positif.

4.1.1.3. Uji Kecukupan Batasan

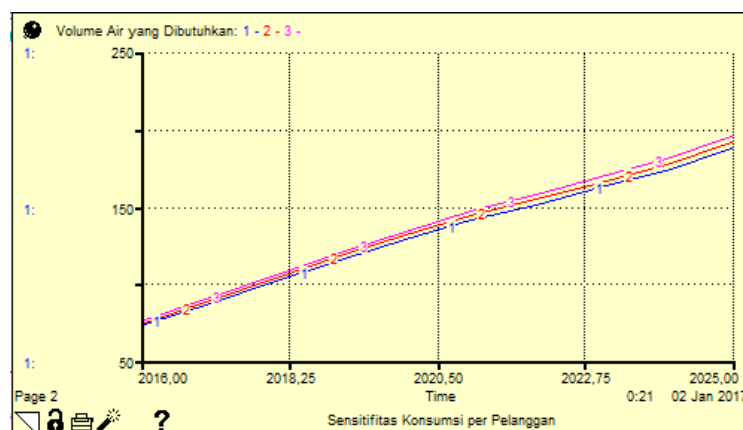
Uji kecukupan batasan dilakukan untuk mengevaluasi apakah batasan dari model yang disusun telah sesuai dengan tujuan perancangan model dimana faktor signifikan telah menjadi variabel kunci dan telah masuk dalam model serta faktor-faktor yang tidak signifikan terhadap sistem telah menjadi batasan dalam pembangunan model. Tujuan pembuatan model ini adalah Menjelaskan dinamika kesejahteraan masyarakat terhadap konsumsi air di Jawa Timur yang diukur dengan indeks *water footprint* yang dipengaruhi oleh PDRB dari provinsi Jawa Timyur. Saat menyusun model konseptual *Causal-loop Diagram* dan *stock and flow* diagram, secara tidak langsung uji kecukupan batasan dilakukan. Model yang dibangun telah mampu menjawab tujuan model dan mengintegrasikan variabel yang memiliki dampak signifikan terhadap model.

4.1.1.4. Uji Kondisi Ekstrim

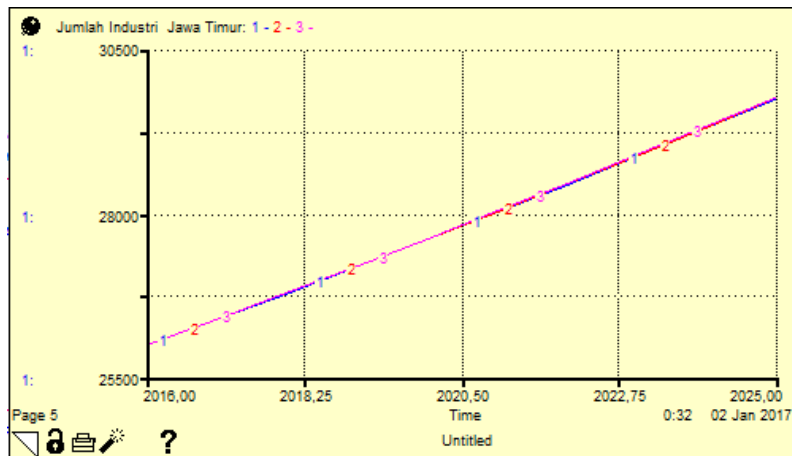
Uji kondisi ekstrim dilakukan untuk menguji kemampuan model untuk mengakomodasi kondisi ekstrim untuk berbagai variabel input. Kondisi ekstrim yang dimaksud adalah perubahan nilai variabel menjadi ekstrim tinggi dan ekstrim rendah. Variabel yang dirubah adalah variabel sistem yang terkendali dan terukur yang menjadi inputan dalam menyusun model konseptuan dan model simulasi. Kinerja model akan terlihat dengan memasukkan nilai-nilai ekstrim. Jika dengan kondisi ekstrim model tetap memberikan hasil yang sesuai dan logis maka model dikatakan valid. Sebaliknya, jika hasil yang didapatkan tidak logis maka terdapat kesalahan dalam model yang dapat berupa kesalahan struktural maupun kesalahan nilai parameter. Hasil dari uji kondisi ekstrim pada model diperlihatkan pada gambar 4.25 hingga 4.29 berikut.



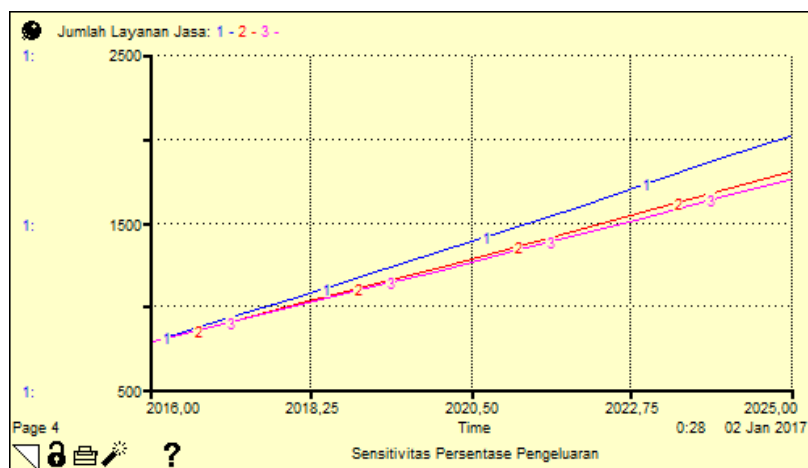
Gambar 4. 25 Uji Kondisi Ekstrim PDRB terhadap IPM



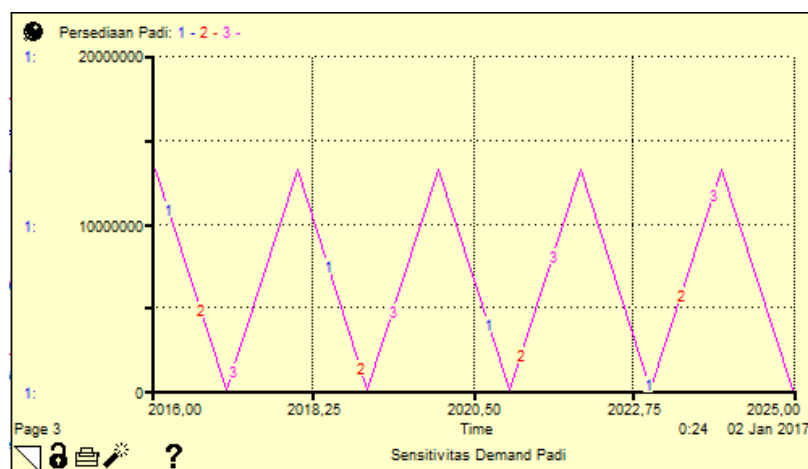
Gambar 4. 26 Uji Kondisi Ekstrim Konsumsi per Pelanggan Terhadap Volume Air yang Dibutuhkan



Gambar 4. 27 Uji Kondisi Ekstrim Alokasi Pengeluaran Terhadap Unit Industri



Gambar 4. 28 Uji Kondisi Ekstrim Alokasi Pengeluaran Terhadap Unit Jasa



Gambar 4. 29 Uji Kondisi Ekstri Permintaan Terhadap Persediaan

Dari hasil uji ekstrim pada gambar 4.25 hingga 4.29, ditunjukkan bahwa pola dari hasil simulasi tidak menunjukkan perubahan walaupun data yang digunakan berada pada titik ekstrim bawah dan titik ekstrim atas sehingga model dapat dikatakan valid karena telah mampu menghasilkan output sesuai dengan kondisi normal.

4.1.1.5. Uji Perilaku Model

Uji perilaku model/replikasi dilakukan untuk mengetahui bagaimana perilaku dari model apakah sudah sama dengan perilaku kondisi yang sesungguhnya. Pengujian dilakukan pada output sejumlah replikasi dan dibandingkan dengan data sebenarnya. Uji perilaku model dilakukan dengan metode *black box* yaitu dengan membandingkan rata-rata nilai pada data aktual dengan rata-rata nilai pada data hasil simulasi untuk menemukan rata-rata error yang terjadi. Perhitungan error yang dilakukan menggunakan persamaan 4.7 sebagai berikut.

$$E = |(S - A)/A| \quad (4.7)$$

Keterangan:

A =Data Aktual

S =Data Hasil Simulasi

E =Variansi *error* antara data aktual dan data simulasi, jika $E < 0.1$ maka model dikatakan valid.

Pada tabel 4.15 hingga tabel 4.21 ditunjukkan hasil perhitungan uji perilaku untuk masing-masing variabel yang digunakan.

Tabel 4. 15 Perhitungan *Error* antara Data Aktual dan Data Simulasi Indeks Pembangunan Manusia

Tahun	Indeks Pembangunan Manusia		<i>Error</i>
	Aktual	Simulasi	
2010	65,36	62,36	0,05
2011	66,06	67,48	0,02
2012	66,74	68,47	0,03
2013	67,55	69,17	0,02
2014	68,14	71,15	0,04
Rata-Rata	66,77	67,73	0,032

Tabel 4. 16 Perhitungan *Error* antara Data Aktual dan Data Simulasi PDRB Perkapita

Tahun	PDRB Perkapita		<i>Error</i>
	Aktual	Simulasi	
2011	29.613.562	29.900.591	0,010
2012	32.767.444	33.208.206	0,013
2013	36.040.185	36.639.996	0,016
2014	39.880.723	40.670.408	0,019
2015	40.923.614	41.851.074	0,022
2016	42.226.099	43.291.540	0,025

Tabel 4. 17 Perhitungan *Error* antara Data Aktual dan Data Simulasi Jumlah Penduduk

Tahun	Jumlah Penduduk		<i>Error</i>
	Aktual	Simulasi	
2011	37.840.000	37.476.757	0,010
2012	38.110.000	37.604.178	0,013
2013	38.360.000	37.732.032	0,017
2014	38.610.000	37.860.321	0,020
2015	38.850.000	37.989.046	0,023
2016	39.080.000	38.118.209	0,025

Tabel 4. 18 Perhitungan *Error* antara Data Aktual dan Data Simulasi Jumlah Layanan Pendidikan

Tahun	Jumlah Layanan Pendidikan		<i>Error</i>
	Aktual	Simulasi	
2011	38.012	34.561	0,091
2012	40.129	38.384	0,043
2013	41.021	42.350	0,032
2014	43.987	47.009	0,069
2015	44.283	48.373	0,092

Tabel 4. 19 Perhitungan *Error* antara Data Aktual dan Data Simulasi Produksi Padi

Tahun	Produksi Padi		<i>Error</i>
	Aktual	Simulasi	
2011	10.576.543	11.050.019	0,045
2012	12.198.707	11.271.019	0,076
2013	12.049.342	11.496.439	0,046
2014	12.379.049	11.726.368	0,053
2015	13.154.967	11.960.896	0,091

Tabel 4. 20 Perhitungan *Error* antara Data Aktual dan Data Simulasi Jumlah Industri

Tahun	Jumlah Industri		<i>Error</i>
	Aktual	Simulasi	
2011	6.102	6.029	0,012
2012	6.214	6.119	0,015
2013	6.367	6.211	0,025
2014	6.398	6.304	0,015
2015	6.428	6.398	0,005

Tabel 4. 21 Perhitungan *Error* antara Data Aktual dan Data Simulasi Konsumsi Air

Tahun	Konsumsi Pelanggan		<i>Error</i>
	Aktual	Simulasi	
2011	451.928.341	452.361.001	0,001
2012	458.392.011	464.959.339	0,014
2013	467.992.011	475.440.811	0,016
2014	479.012.921	478.593.197	0,001
2015	482.596.002	515.480.868	0,068

Berdasarkan hasil perhitungan *error* yang ditampilkan pada Tabel 4.15 hingga Tabel 4.21, diperoleh nilai rata-rata *error* dari seluruh variabel yang dibandingkan antara data aktual dan hasil simulasi tidak melebihi batas *error* sebesar 0,1. Berdasarkan uji replikasi ini maka dapat dikatakan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara model dengan kondisi pada sistem sehingga model simulasi yang telah disusun dapat dikatakan valid.

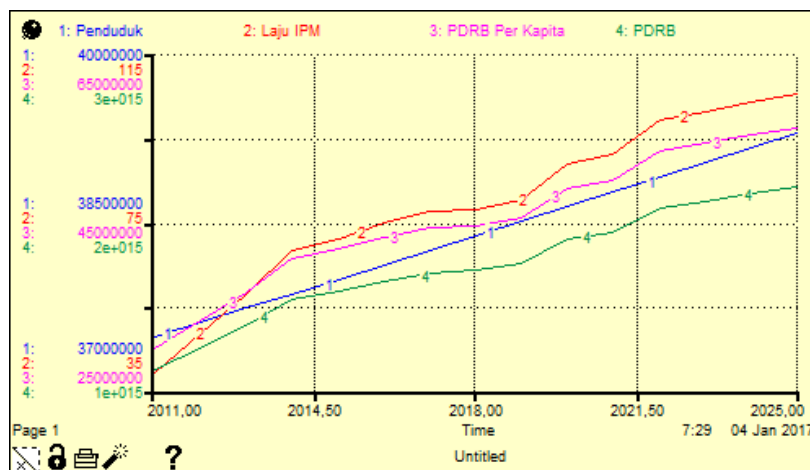
4.5. Simulasi Model

Pada sub-bab ini dilakukan simulasi terhadap model yang telah valid untuk mendapatkan gambaran kondisi dan perilaku dari sistem amatan. Model simulasi dijalankan dalam kurun waktu 15 tahun mulai dari 2011 hingga 2025 dan

simulasi dijalankan tiap tahun. Pemilihan waktu ini didasarkan pada Peraturan Provinsi Jawa Timur Nomor 12 Tahun 2011 Tentang Pengelolaan Air dimana perencanaan pengelolaan air hingga tahun 2025.

4.5.1. Submodel Kesejahteraan Masyarakat

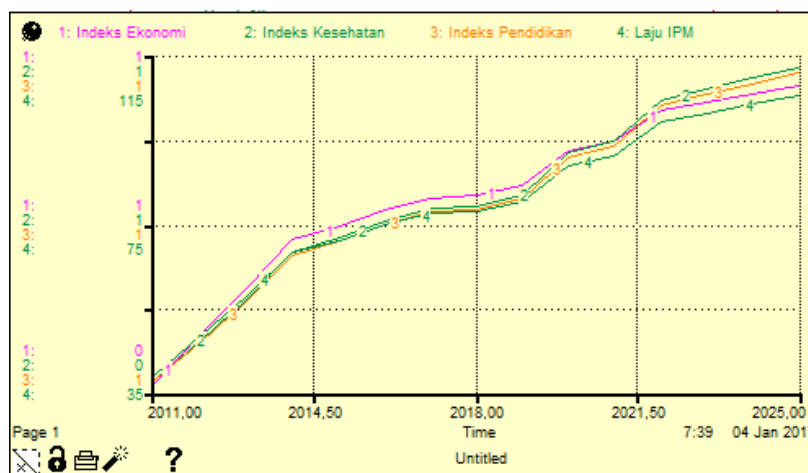
Simulasi submodel kesejahteraan masyarakat dilakukan untuk mengetahui pola peningkatan PDRB perkapita serta pola dari Indeks Pembangunan Manusia. Pola PDRB perkapita dari penduduk Jawa Timur dipengaruhi oleh jumlah populasi dan PDRB dari tahun yang berkaitan. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan, populasi total dari penduduk Jawa Timur terus mengalami kenaikan dengan rata – rata 128.290 orang, sehingga PDRB perkapita juga mengalami peningkatan rata – rata sebesar 3,5 juta rupiah sampai pada tahun 2013. Namun pada tahun 2014 dan 2014 peningkatan hanya sebesar 1,3 juta. Nilai dari PDRB perkapita terus meningkat dengan jumlah peningkatan yang semakin berkurang dikarenakan oleh rate peningkatan PDRB yang semakin kecil setiap tahunnya. Berikut pada gambar 4.30 merupakan grafik hasil simulasi submodel kesejahteraan masyarakat.



Gambar 4. 30 Grafik Simulasi Submodel Kesejahteraan Masyarakat

Dari gambar 4.30, walaupun PDRB perkapita menunjukkan peningkatan yang dinamis setiap tahunnya karena dipengaruhi oleh PDRB itu sendiri yang juga dinamis, sehingga Indeks Pembangunan Manusia menunjukkan peningkatan yang dinamis. Peningkatan dari Indeks Pembangunan Manusia tersebut, tidak hanya

dipengaruhi dari PDRB perkapita yang menjadi variabel dalam indeks ekonomi, namun dipengaruhi juga oleh Indeks Pendidikan dan Indeks Kesehatan yang ditunjukkan pada grafik 4.31 berikut.

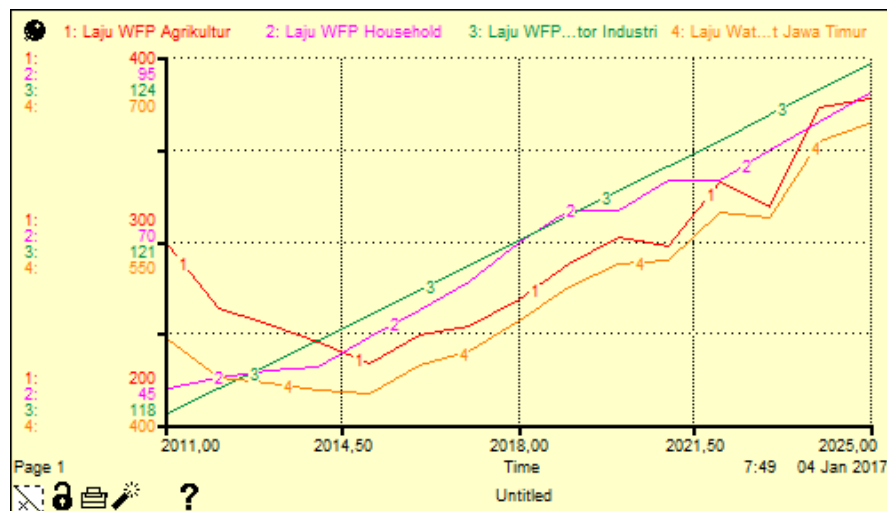


Gambar 4. 31 Simulasi Submodel Kesejahteraan Masyarakat

Dari grafik 4.31 mengenai Indeks Pembentuk Indeks Pembangunan Manusia, dapat dilihat bahwa Indeks ekonomi mengalami peningkatan secara dinamis yang bersesuaian dengan PDRB sedangkan untuk Indeks Pendidikan dan Indeks Harapan Hidup menunjukkan perkembangan yang dinamis setiap tahunnya, dimana faktor-faktor yang mempengaruhi merupakan permintaan akan layanan kesehatan dan layanan pendidikan yang dibahas pada submodel sektor jasa.

4.5.2. Submodel Water Footprint

Simulasi terhadap submodel *water footprint* bertujuan untuk mengetahui pola konsumsi air Jawa Timur dari keseluruhan sektor yang diamati. Dari hasil simulasi terhadap kondisi eksisting dimana seiring dengan terus meningkatnya PDRB maka diikuti juga meningkatnya permintaan terhadap setiap sektor. Sehingga nilai *water footprint* pun juga terus meningkat. Namun penggunaan air masih didominasi oleh *green water* atau air permukaan seperti sungai, hal itu disebabkan Jawa Timur didominasi oleh agrikultur. Untuk *blue water* banyak digunakan hanya pada sektor *household* yang membutuhkan air bersih. Berikut pada gambar 4.32 ditunjukkan hasil simulasi pola *water footprint*.

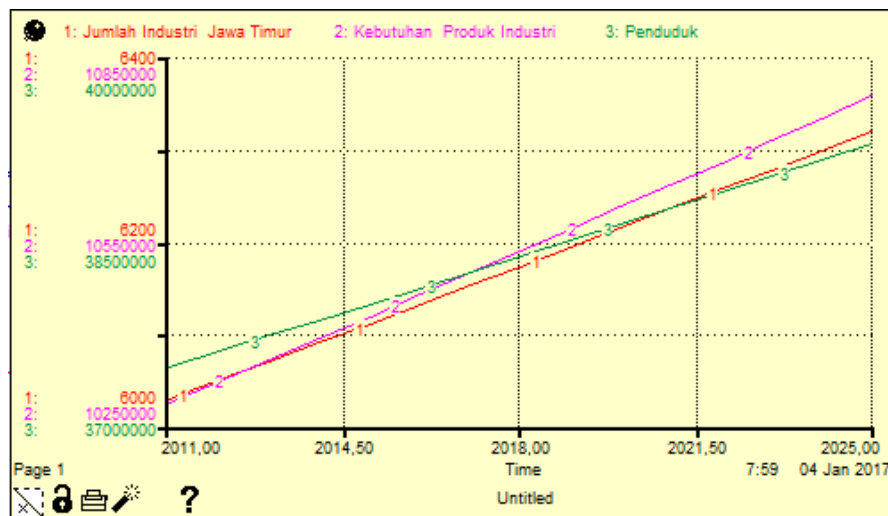


Gambar 4. 32 Simulasi *Water Footprint*

Dari grafik 4.32 diketahui bahwa menunjukkan bahwa *water footprint* dari setiap sektor mengalami peningkatan. Hanya pada *water footprint* sektor industri yang kenaikannya stabil.

4.5.3. Submodel Sektor Industri

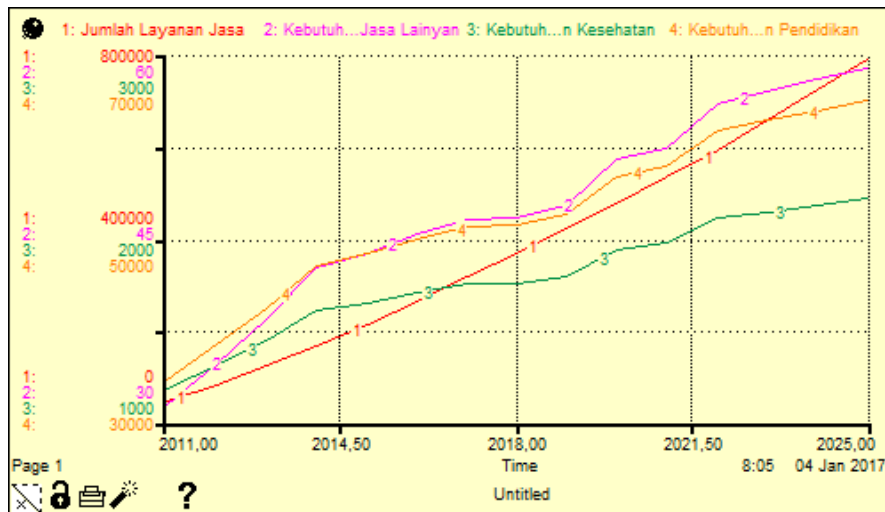
Simulasi dari submodel sektor industri bertujuan untuk melihat pertumbuhan dari jumlah industri di Jawa Timur. Dengan pertumbuhan populasi yang terus meningkat setiap tahunnya, maka demand dari produk industri juga akan terus meningkat sehingga jumlah unit industri juga akan terus bertambah. Pertumbuhan dari jumlah sektor industri ini kebanyakan disebabkan oleh bertambahnya sektor industri dari skala menengah hingga kecil dimana industri dengan skala besar akan terus berkembang namun dengan *rate* yang sangat rendah. Pertumbuhan dari unit sektor industri ini juga diakibatkan asumsi dari sumber daya yang diabaikan, dimana jika sumber daya seperti luas lahan menjadi variabel yang diperhitungkan dalam pembangunan model, grafik dari pertumbuhan unit sektor industri akan menjadi grafik *goal seeking* hingga lahan yang dialokasikan untuk sektor industri mendekati nilai nol. Pada grafik 4.33 dipaparkan grafik pertumbuhan jumlah unit sektor industri.



Gambar 4. 33 Simulasi Submodel Sektor Industri

4.5.4. Submodel Sektor Jasa

Simulasi pada submodel sektor jasa memiliki tujuan yang sama dengan tujuan pada simulasi submodel sektor industri. Pada simulasi submodel sektor jasa, pola perilaku yang ingin dilihat adalah pola perilaku pertumbuhan unit dari layanan jasa di Jawa Timur. Dalam model ini, sektor jasa dibagi menjadi tiga bagian utama yang terdiri dari layanan kesehatan, layanan pendidikan dan layanan jasa lainnya yang meliputi perkantoran, hotel, dan restoran. Karena dalam proses penyusunan model sumber terkait mengenai hubungan antara permintaan akan layanan jasa dan jumlah unit layanan jasa kurang memadai maka digunakan pendekatan yang menghitung *water footprint* berdasarkan dari jumlah kebutuhan layanan jasa tersebut. Pada grafik 4.34 ditunjukkan bahwa kebutuhan total dari keseluruhan layanan jasa dipengaruhi oleh kebutuhan dari layanan pendidikan, kebutuhan dari layanan kesehatan dan kebutuhan dari layanan jasa lainnya. Demand dari masing-masing layanan jasa tersebut akan bergerak sesuai dengan alokasi pengeluaran masyarakat untuk masing-masing layanan tersebut. Berikut pada grafik 4.34 ditunjukkan hasil simulasi untuk submodel sektor jasa.

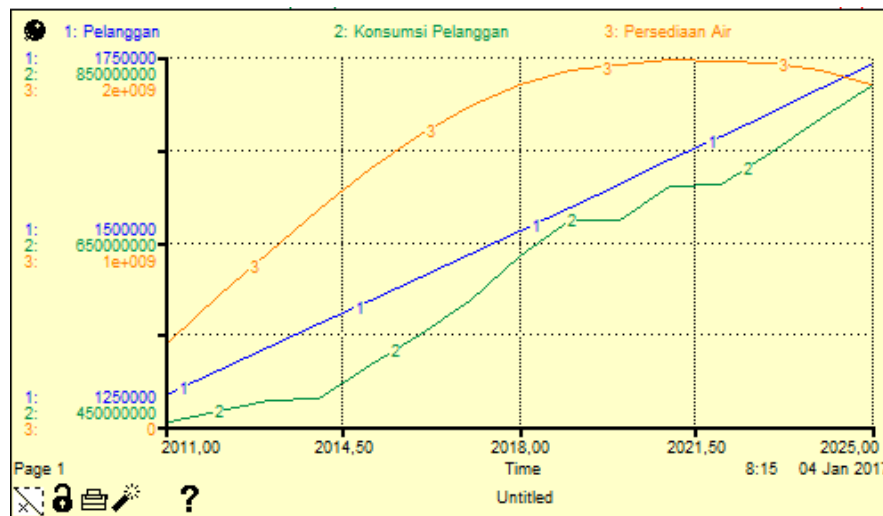


Gambar 4. 34 Simulasi Submodel Sektor Jasa

Dari grafik tersebut, dapat dilihat bahwa seiring dengan bertambahnya layanan jasa setiap sektor, maka jumlah total layanan jasa juga akan terus bertambah. Sesuai dengan analisa pada submodel sektor industri, karena diasumsikan bahwa lahan yang dapat dimanfaatkan untuk layanan jasa tidak terbatas, maka grafik terus menunjukkan pertumbuhan, namun jika variabel lahan diperhitungkan maka grafik akan menunjukkan pola *goal seeking* hingga pada batas lahan tersebut

4.5.5. Submodel Sektor Household

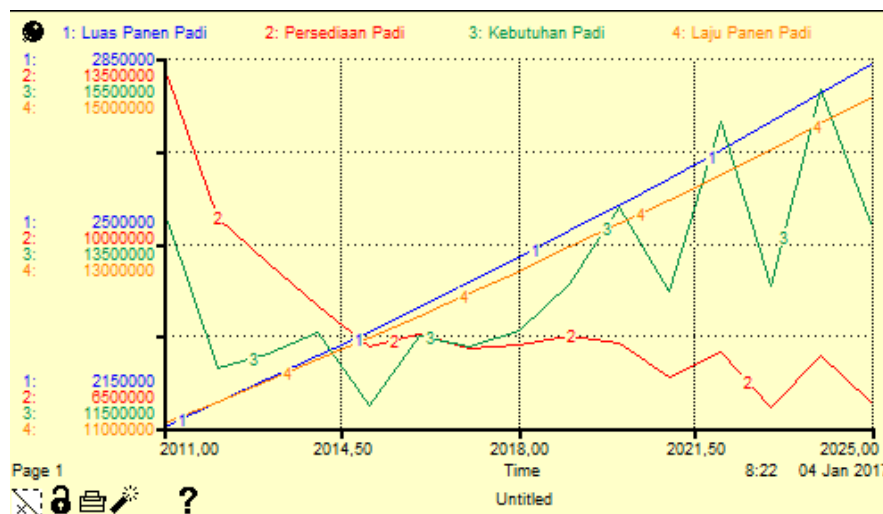
Dalam submodel sektor *household* yang menjadi fokus utama variabel respon adalah jumlah pelanggan serta konsumsi pelanggan terhadap air yang mempengaruhi *water footprint* sektor *household*. Jumlah pelanggan dipengaruhi secara langsung oleh jumlah penduduk, sehingga jumlah pelanggan akan terus meningkat seiring jumlah penduduk yang terus meningkat. Dari simulasi yang dilakukan, diketahui bahwa dengan bertambahnya jumlah pelanggan maka konsumsi pelanggan pun juga bertambah. Konsumsi pelanggan pun juga dipengaruhi oleh PDRB sektor terkait dan juga tarif air. Pada hasil simulasi menunjukkan bahwa persediaan air semakin lama akan berkurang walaupun smepat terjadi kenaikan. Hal itu dikarenakan jumlah sumber air baku yang digunakan pada model diasumsikan tetap. Sehingga dengan bertambahnya konsumsi akan mengakibatkan berkurangnya persediaan air.



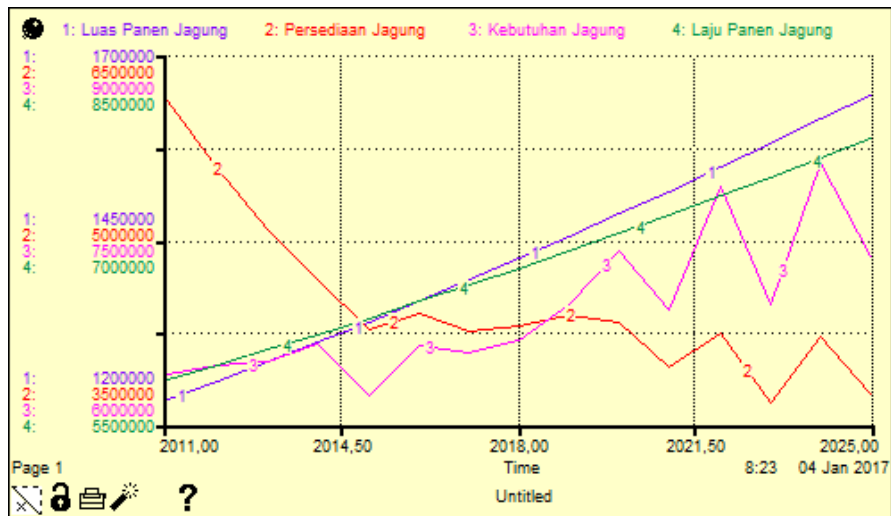
Gambar 4. 35 Simulasi Submodel Sektor *household*.

4.5.6. Submodel Sektor Agrikultur

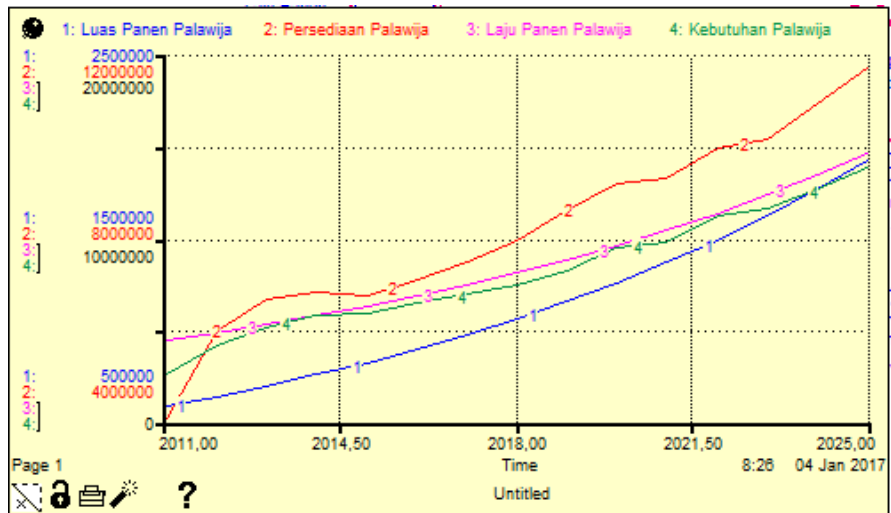
Dalam submode agrikultur ini yang menjadi fokus adalah produksi dan kebutuhan dari setiap komoditi agrikultur yang mempengaruhi hasil dari *water footprint* sektor agrikultur. Komoditi tersebut merupakan komoditi yang plaing utama di Jawa Timur. Pada setiap komoditi dengan luas panen yang semakin bertambah maka produksi juga akan semakin bertambah. Pada hasil simulasi menunjukan bahwa kebutuhan juga semkain meingkat secara dinamis. Hal itu dipengaruhi oleh bertambahnya jumlah penduduk dan juga PDRB. Namun kebutuhan tersebut juga dipengaruhi oleh persediaan itu sendiri. Berikut merupakan gambar grafik hasil simulasi sektor agrikultur.



Gambar 4. 36 Simulasi Submodel Agrikultur



Gambar 4. 37 Simulasi Submodel Agrikultur



Gambar 4. 38 Simulasi Submodel Agrikultur

BAB 5

MODEL SKENARIO KEBIJAKAN

Pada Bab 5 dijelaskan mengenai pembuatan alternatif skenario kebijakan yang akan diterapkan pada model yang telah disusun. Berdasarkan hasil running dan analisis model simulasi pada bab sebelumnya, model telah dapat dijadikan acuan dalam merancang alternatif skenario kebijakan. Alternatif skenario kebijakan dibuat dengan merubah variabel yang diinginkan untuk melihat perilaku dari sistem setelah variabel tersebut dirubah.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk merancang skenario besaran Produk Domestik Regional Bruto dan Kebijakan Penggunaan Air serta melihat pengaruhnya terhadap perkembangan Indeks Pembangunan manusia, kemudian memilih skenario kebijakan yang dapat menjamin keberlanjutan ekologis serta ekonomis dari Jawa Timur. Dengan demikian, skenario yang akan dirancang berkaitan erat dengan merubah variabel PDRB serta variabel-variabel konsumsi energi dalam setiap sektor yang diamati. Kriteria skenario kebijakan yang akan dirancang bersifat akomodatif untuk seluruh *stakeholder* adalah sebagai berikut:

- Untuk *stakeholder* lingkungan yaitu penurunan indeks *Water Footprint* yang bersumber dari konsumsi air sektor.
- Untuk *stakeholder* masyarakat yaitu peningkatan Indeks Pembangunan Manusia yang diperoleh dari peningkatan indeks pendidikan, indeks kesehatan dan indeks ekonomi.
- Untuk *stakeholder* pemerintah yaitu peningkatan kinerja ekonomi yang dilihat dari peningkatan PDRB daerah Jawa Timur.

Dari penjelasan mengenai tujuan penelitian, maka terdapat dua skema penentuan yang akan dipertimbangkan. Skema menunjukkan bagan kebijakan target PDRB. Dari kedua skema ini, akan dilihat bagaimana pengaruhnya terhadap *water footprint* total serta IPM daerah Jawa Timur dan kemudian dilakukan perancangan skenario dari masing-masing skema untuk melihat kebijakan yang paling tepat untuk dilaksanakan. Skenario menunjukkan perubahan instrumen

yang diambil oleh stakeholder. Skema yang akan dipertimbangkan dalam permasalahan ini antara lain:

- Skema penentuan laju peningkatan PDRB.
- Skema kebijakan penggunaan air tanah

Skema kebijakan penggunaan air tanah dipilih untuk menindaklanjuti Peraturan Provinsi Jawa Timur Tentang Pengelolaan Air Tanah Tahun 2011 dimana dari kebijakan mengenai penggunaan air tanah secara maksimal belum terlaksana dengan baik.

5.1. Penentuan Skenario

Skenario dari kebijakan yang akan diterapkan pada model eksisting yang telah terverifikasi dan tervalidasi ditetapkan dengan melihat tujuan serta skema yang akan dipertimbangkan untuk menjawab kriteria dari skenario yang akan disusun. Dari dua skema yang telah ditentukan, maka dapat disusun skenario sebagai berikut.

Tabel 5. 1 Penentuan Skenario

No	Skenario	Skema PDRB	Skema Penggunaan Air
1	Skenario 1	Tetap	5% dari setiap sektor yang menerapkan
2	Skenario 2	Peningkatan 10%	5% dari setiap sektor yang menerapkan
3	Skenario 3	Peningkatan 15%	5% dari setiap sektor yang menerapkan
4	Skenario 4	Tetap	10% dari setiap sektor yang menerapkan
5	Skenario 5	Peningkatan 10%	10% dari setiap sektor yang menerapkan
6	Skenario 6	Peningkatan 15%	10% dari setiap sektor yang menerapkan

Dengan mengambil sudut pandang penyusun keputusan, PDRB dinilai sebagai variabel kunci yang ingin dilihat pengaruhnya terhadap indeks *water footprint*. Dengan melihat peningkatan PDRB pada model simulasi yang menunjukkan rata-rata peningkatan 3,3% pada tahun 2016-2025 dan rata-rata peningkatan sebesar 9,2% pada tahun 2011-2015 maka akan dilakukan simulasi untuk menstabilkan rata-rata peningkatan PDRB sesuai data yang tersedia dimana akan digunakan peningkatan PDRB rata-rata sebesar 10% untuk tahun 2016-2050. Sedangkan untuk peningkatan PDRB sebanyak 15% digunakan untuk melihat apakah dengan penambahan 5% dari rata-rata pertumbuhan PDRB pada skenario

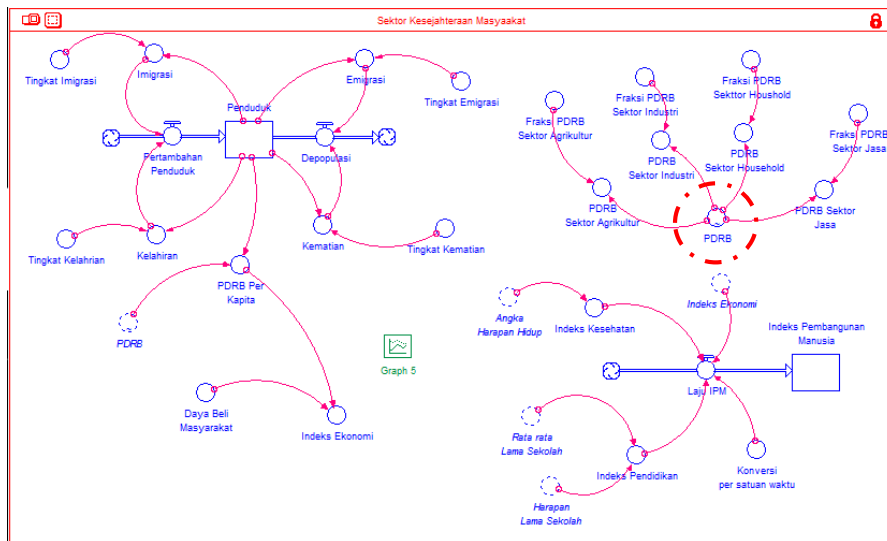
1 akan memiliki dampak yang signifikan untuk variabel respon yang berakibat langsung pada *stakeholder* yang terlibat.

Skema penggunaan air tanah dimaksudkan untuk menindaklanjuti kebijakan Peraturan Provinsi Jawa Timur Nomor 12 Tahun 2011 tentang pengelolaan air tanah dimana penggunaan air tanah harus dimaksimalkan untuk kebutuhan air bersih seperti rumah tangga bukan untuk kegiatan industri manufaktur dan jasa. Melihat kebijakan tersebut, maka disusun kebijakan mengenai penggunaan sumber air tanah untuk masing-masing sektor. Berikut pada tabel 5.2 ditunjukkan kebijakan substitusi yang diajukan.

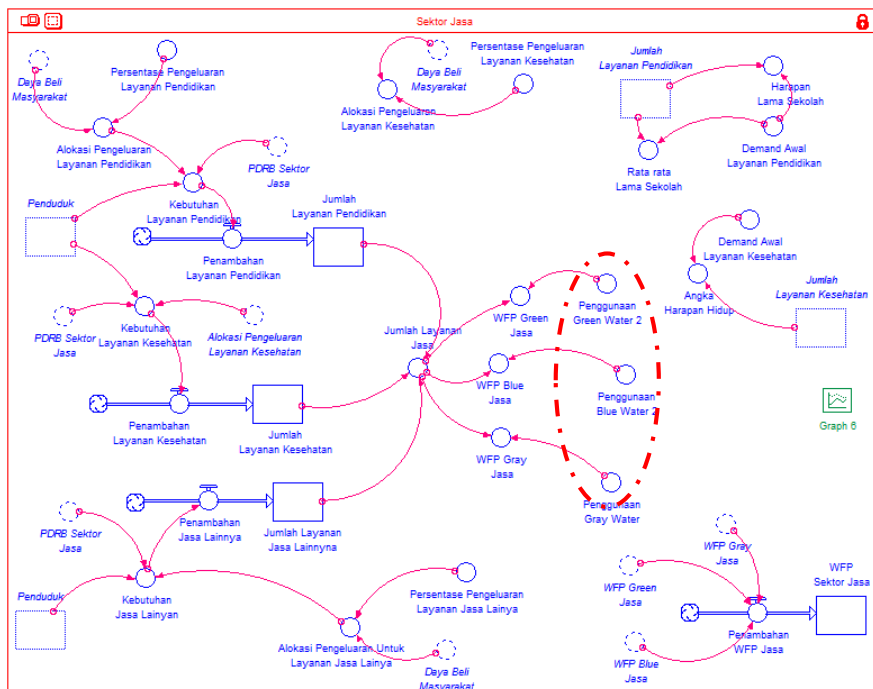
Tabel 5. 2 Kebijakan Substitusi Sumber Energi

No	Sektor	Penggunaan Air Tanah
1	<i>Household</i>	Pengurangan 5% atau 10 %
2	Industi manufaktur	Pengurangan 5% atau 10 %
3	Jasa	Pengurangan 5% atau 10 %
4	Agrikultur	Pengurangan 5% atau 10 %

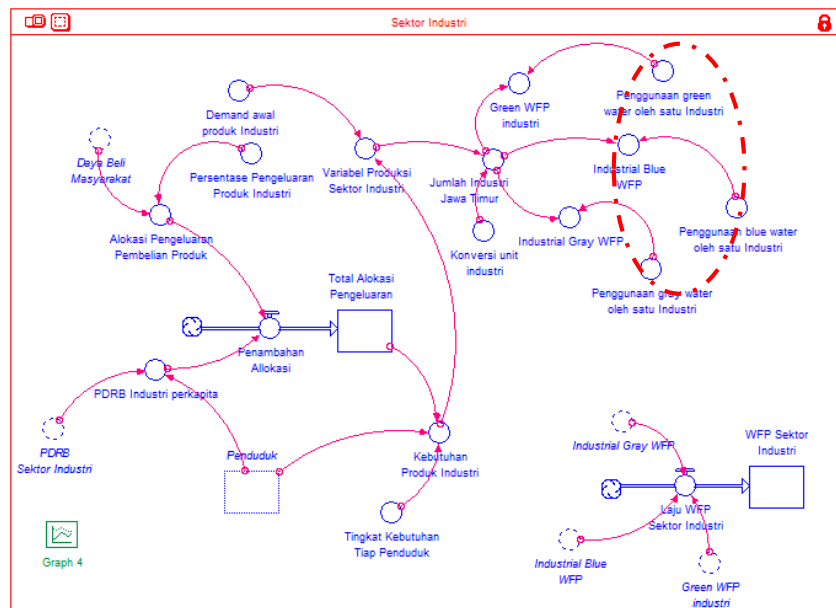
Kebijakan yang akan digunakan sebagai skenario akan diterapkan dengan rentang waktu setiap lima tahun dimana target substitusi dari masing-masing sumber energi akan bertambah sebanyak 5% atau 10% setiap lima tahunnya. Berdasarkan data tersebut, kemudian disusun model skenario yang disesuaikan dengan skema yang telah ditentukan. Berikut pada gambar 5.1 hingga 5.5 merupakan model yang dibangun untuk mengakomodasi skenario dari masing-masing skema.



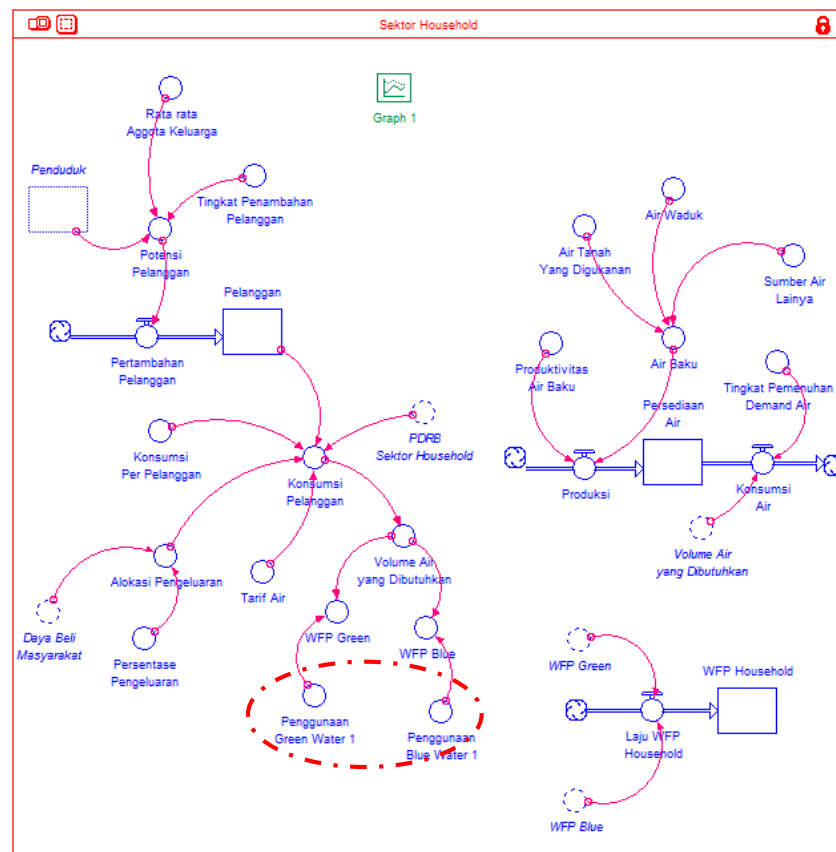
Gambar 5. 1 Pembangunan Model Skenario



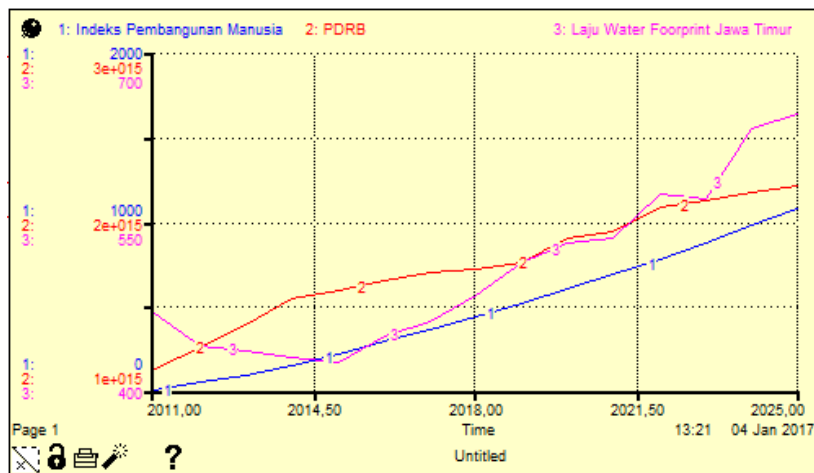
Gambar 5. 2 Pembangunan Model Skenario



Gambar 5. 3 Pembangunan Model Skenario



Gambar 5. 4 Pembangunan Model Skenario

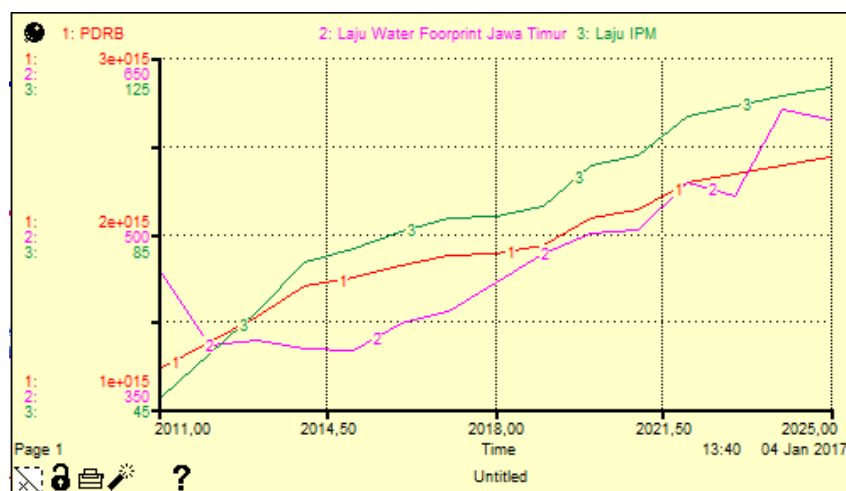


Gambar 5. 6 Hasil Simulasi Skenario 1

Gambar 5.6 menunjukkan bahwa pola dari perkembangan Indeks Pembangunan Manusia sama dengan kondisi eksisting, namun terjadi penurunan terhadap water footprint Jawa Timur. Dengan penerapan skema PDRB yang telah terlaksana ternyata tidak mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia.

5.1.2. Skenario 2: PDRB Dengan Peningkatan Konstan 10% dan Pengurangan Penggunaan Air tiap Sektor Sebesar 5%

Pada skenario ini, peningkatan rate dari PDRB Jawa Timur diasumsikan meningkat secara konstan dengan peningkatan sebanyak 10% dan penurunan penggunaan air tiap sektor sebesar 5%. Berikut pada gambar 5.7 ditunjukkan hasil simulasi dari skenario 2.

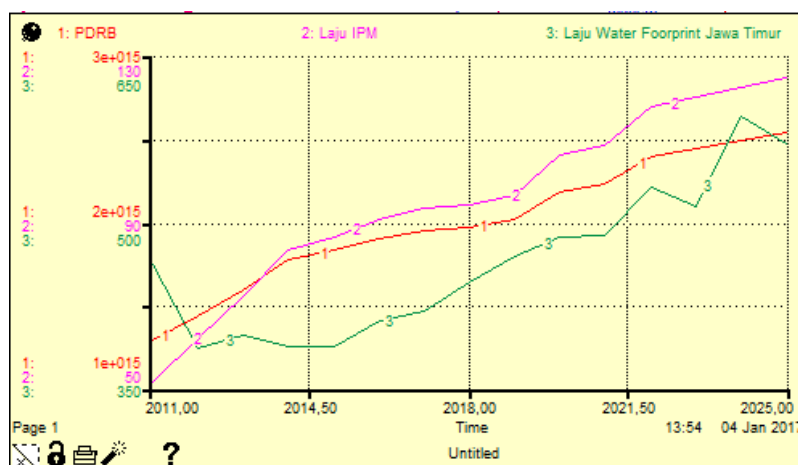


Gambar 5. 7 Hasil Simulasi Skenario 2

Dari gambar 5.7 dapat dilihat bahwa dengan penerapan skema perkembangan PDRB konstan dengan peningkatan 10% nilai dari Indeks Pembangunan Manusia juga akan bertambah sesuai dengan pola PDRB. Nilai IPM akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya PDRB dimana dengan PDRB yang semakin tinggi maka alokasi pengeluaran masyarakat akan layanan kesehatan dan pendidikan juga akan semakin meningkat, begitupula dengan kemampuan belanja dari masyarakat, peningkatan tersebut secara langsung akan menyebabkan indeks pembentuk IPM meningkat sehingga terjadi peningkatan IPM. Walaupun terdapat skema pengurangan penggunaan air tiap sektor pada skenario ini, namun dengan meningkatnya PDRB maka, konsumsi terhadap kebutuhan tiap sektor meningkat membuat konsumsi air pun juga akan semakin meningkat.

5.1.3. *Skenario 3: PDRB Dengan Peningkatan Konstan 15% dan Pengurangan Penggunaan Air Sebesar 5%*

Pada skenario ini, peningkatan rate dari PDRB Jawa Timur diasumsikan meningkat secara konstan dengan peningkatan sebanyak 15% dan pengurangan penggunaan air sebanyak 5%. Berikut pada gambar 5.8 ditunjukkan hasil simulasi dari skenario 3.

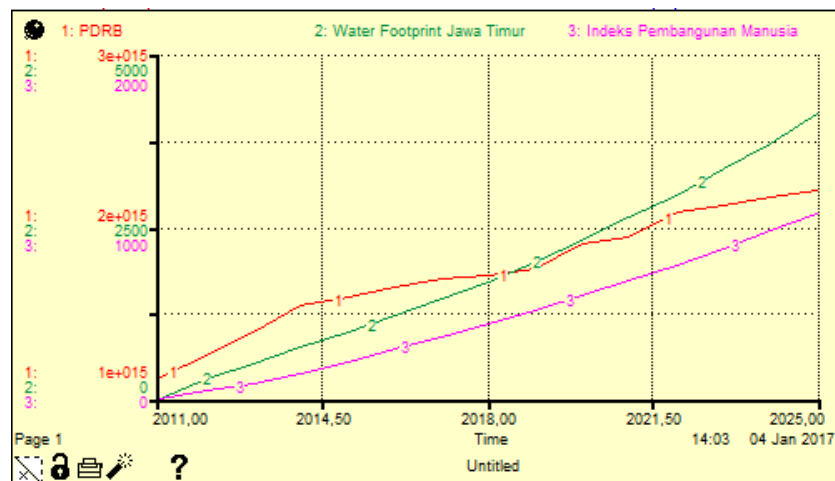


Gambar 5. 8 Hasil Simulasi Skenario 3

Gambar 5.8 menunjukkan pola yang sama dengan pola pada hasil skenario 2 dimana pada simulasi skenario 3, diperoleh nilai IPM dan *water footprint* yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan skenario 2.

5.1.4. Skenario 4: PDRB Tetap Dengan Penurunan Penggunaan Air Tiap Sektor Sebesar 10%

Pada skenario ini, peningkatan rate dari PDRB Jawa Timut diasumsikan tetap dengan penurunan penggunaan air sebanyak 10%. Simulasi kemudian dilakukan pada model yang telah mengakomodasi variabel dalam scenario. Berikut pada gambar 5.9 ditunjukkan hasil simulasi dari skenario 4.



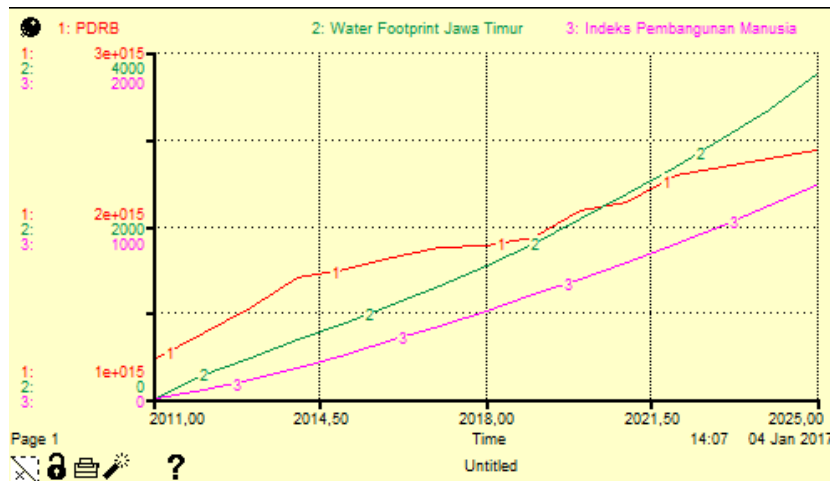
Gambar 5. 9 Hasil Simulasi Skenario 4

Pola dari hasil simulasi pada skenario 4 menunjukkan pola dari perkembangan Indeks Pembangunan Manusia sama dengan kondisi eksisting, namun terjadi penurunan terhadap total *water footptint*. Dengan pernerapan skema PDRB yang telah terlaksana ternyata tidak mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia.

5.1.5. Skenario 5: PDRB Dengan Peningkatan Konstan 15% dan Penuurnan Penggunaan Air Sebesar 10%

Pada skenario ini, peningkatan rate dari PDRB daerah Jawa Timur diasumsikan meningkat secara konstan dengan peningkatan sebanyak 10% dan

penurunan penggunaan air tiap sektor sebanyak 10%. Simulasi kemudian dilakukan pada model yang telah mengakomodasi variabel dalam scenario. Berikut pada gambar 5.10 ditunjukkan hasil simulasi dari skenario 5.



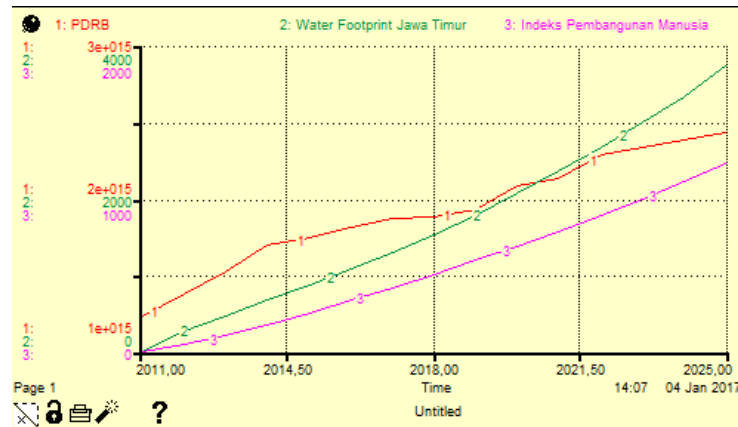
Gambar 5. 10 Hasil Simulasi Skenario 5

Dari gambar 5.10 dapat dilihat bahwa dengan penerapan skema perkembangan PDRB konstan dengan peningkatan 15% nilai dari Indeks Pembangunan Manusia juga akan bertambah. Nilai IPM akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya PDRB dimana dengan PDRB yang semakin tinggi maka alokasi pengeluaran masyarakat akan layanan kesehatan dan pendidikan juga akan semakin meningkat, begitupula dengan kemampuan belanja dari masyarakat, peningkatan tersebut secara langsung akan menyebabkan indeks pembentuk IPM meningkat sehingga terjadi peningkatan IPM. Walaupun terdapat skema pengurangan penggunaan air tiap sektor pada skenario ini, namun dengan meningkatnya PDRB maka, konsumsi terhadap kebutuhan tiap sektor meningkat membuat konsumsi air pun juga akan semakin meningkat.

5.1.6. *Skenario 6: PDRB Dengan Peningkatan Konstan 15% dan Penurunan Penggunaan Air tiap Sektor Sebesar 10%*

Pada skenario ini, peningkatan rate dari PDRB Jawa Timur diasumsikan meningkat secara konstan dengan peningkatan sebanyak 15% dan penurunan penggunaan air tiap sektor sebanyak 10%. Simulasi kemudian dilakukan pada

model yang telah mengakomodasi variabel dalam scenario. Berikut pada gambar 5.11 ditunjukkan hasil simulasi dari skenario 6.



Gambar 5. 11 Hasil Simulasi Skenario 5

Skenario 6 menunjukkan pertumbuhan Indeks Pembangunan Manusi yang paling signifikan juga dibandingkan dengan skenario lainnya, dengan penerapan skema peningkatan PDRB secara konstan 15% dan pengurangan penggunaan air tiap sektor sebesar 10% diharapkan *water footprint* semakin rendah, namun seiring dengan pertumbuhan PDRB, skema pengurangan penggunaan air ternyata tidak mampu mengurangi nilai *water footprint* secara keseluruhan.

5.2. Perbandingan Nilai *Output* Skenario

Pada subbab ini, akan dilakukan perbandingan *output* pada masing-masing alternarif skenario yang dijalankan. Perbandingan dilakukan antara rata-rata hasil skenario dan rata-rata hasil eksisting pada parameter yang menjadi fokus penelitian. Pada subbab sebelumnya telah dijelaskan alternatif skenario yang diambil antara lain:

1. Skenario 1: PDRB Tetap Dengan Penurunan Penggunaan Air tiap Sektor Sebesar 5%
2. Skenario 2: PDRB Dengan Peningkatan Konstan 10% dan Penurunan Penggunaan Air tiap Sektor Sebesar 5%
3. Skenario 3: PDRB Dengan Peningkatan Konstan 15% dan Penurunan Penggunaan Air tiap Sektor Sebesar 5%

4. Skenario 4: PDRB Tetap Dengan Peningkatan Penurunan Penggunaan Air tiap Sektor Sebesar 10%
5. Skenario 5: PDRB Dengan Peningkatan Konstan 10% dan Penurunan Penggunaan Air tiap Sektor Sebesar 10%
6. Skenario 6: PDRB Dengan Peningkatan Konstan 15% dan Penurunan Penggunaan Air tiap Sektor Sebesar 10%

Beberapa hasil perbandingan antara masing-masing skenario terhadap kondisi eksisting diperlihatkan pada tabel 5.3 dan 5.6 berikut. Untuk hasil keseluruhan telah dilampirkan pada Bab Lampiran pada akhir laporan penelitian ini.

Tabel 5. 3 Perbandingan IPM untuk *Output* Skenario 1, 2, 3 dan Eksisting

No	Tahun	IPM			
		Eksisting	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
1	2011	62.36	62.36	62.36	62.36
2	2013	72.79	73.05	73	72.89
3	2015	77.03	77.39	79.46	82.9
4	2017	82.21	82.14	90.77	104.2
5	2019	86.24	86.48	106.78	140.32
6	2021	90.35	90.38	129.55	200.7
7	2023	94.32	94.14	161.42	309.61
8	2025	98.01	97.91	206.34	513.15

Tabel 5. 4 Perbandingan IPM untuk *Output* Skenario 4, 5, 6 dan Eksisting

No	Tahun	Indeks Pembangunan Manusia			
		Eksisting	Skenario 4	Skenario 5	Skenario 6
1	2011	62.36	62.36	62.36	62.36
2	2013	72.79	72.96	72.98	73.03
3	2015	77.03	77.49	79.4	82.59
4	2017	82.21	82.02	91.12	103.57
5	2019	86.24	86.14	107.57	140.04
6	2021	90.35	90.2	129.37	200.83
7	2023	94.32	94.32	160.66	308.83
8	2025	98.01	97.14	206.89	513.34

Tabel 5. 5 Perbandingan Total *Water Footprint* untuk *Output* Skenario 1, 2, 3 dan Eksisting

No	Tahun	Total <i>Water Footprint</i> (x10m ³)			
		Eksisting	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
1	2011	6.97	6.96	6.97	6.97
2	2013	65.52	65.32	65.40	65.38
3	2015	150.25	149.95	151.16	153.05
4	2017	257.48	256.76	273.50	296.41
5	2019	386.20	384.39	446.98	534.74
6	2021	534.81	532.34	692.31	931.39
7	2023	704.17	700.75	1,035.51	1,599.81
8	2025	893.59	887.56	1,521.05	2,776.70

Tabel 5. 6 Perbandingan Total *Water Footprint* untuk *Output* Skenario 4, 5, 6 dan Eksisting

No	Tahun	Total <i>Water Footprint</i> (x10m ³)			
		Eksisting	Skenario 4	Skenario 5	Skenario 6
1	2011	6.97	6.96	6.96	6.97
2	2013	65.52	65.49	65.28	65.39
3	2015	150.25	149.83	151.24	153.47
4	2017	257.48	255.27	272.53	295.99
5	2019	386.20	381.58	444.66	534.28
6	2021	534.81	528.35	687.84	928.9
7	2023	704.17	694.48	1,030.67	1,598.15
8	2025	893.59	878.56	1,514.96	2,772.32

Hasil perbandingan yang ditampilkan pada tabel 5.3 hingga 5.6 menunjukkan dampak dari masing-masing skenario sebagai berikut:

1. Skenario 1 menghasilkan pola parameter yang hampir sama dengan pola parameter eksisting, disertai penurunan *water footprint* rata-rata mencapai 0,35% dan penurunan IPM rata-rata mencapai 0,26% dibandingkan dengan kondisi eksisting.
2. Skenario 2 menghasilkan peningkatan *water footprint* rata-rata mencapai 27,32% dengan peningkatan IPM mencapai 43,81% dibandingkan dengan kondisi eksisting.
3. Skenario 3 menghasilkan peningkatan *water footprint* rata-rata mencapai 80,65% dengan peningkatan IPM rata-rata mencapai 159,14% dibandingkan dengan kondisi eksisting.

4. Skenario 4 menghasilkan pola parameter yang hampir sama dengan pola parameter eksisting dengan disertai penurunan *water footprint* rata-rata mencapai 0,94% dan penurunan IPM rata-rata mencapai 0,24% dibandingkan dengan kondisi eksisting.
5. Skenario 5 menghasilkan peingkatan *water footprint* rata-rata mencapai 27,77% dengan peningkatan IPM mencapai 43,87% dibandingkan dengan kondisi eksisting.
6. Skenario 6 menghasilkan peingkatan *water footprint* rata-rata mencapai 80,83% dengan peningkatan IPM rata-rata mencapai 159,14% dibandingkan dengan kondisi eksisting.

Jika dilihat dari *output* dari masing-masing skenario kebijakan yang telah diterapkan pada model eksisting, diperoleh nilai IPM melebihi batas Indeks yakni 100. Batas tersebut terlampaui karena dari model yang dibentuk tidak terdapat penyesuaian parameter dari masing-masing indeks penyusun IPM, sehingga dengan menggunakan parameter yang berlaku pada tahun 2016, nilai IPM akan melampaui batas maksimal indeks. Walaupun terjadi ketidaksesuaian dari nilai IPM, dengan model yang telah disusun dapat disimpulkan bahwa terjadi peningkatan ataupun penurunan dari nilai IPM yang menggambarkan kondisi kesejahteraan masyarakat dari provinsi Jawa Timur. Begitupula dengan nilai dari *water footprint*. Karena tidak terdapat penyesuaian terhadap penggunaan air yang dipergunakan maka nilai total *water footprint* mungkin tidak sesuai dengan kondisi aktual.

Output dari skenario 2, 3, 5, dan 6 menunjukkan persentase rata-rata peningkatan IPM dan *water footprint* yang tidak terlalu signifikan terhadap masing-masing skenario. Namun jika dilihat dari nilai akhir dari masing-masing output, maka akan diperoleh bahwa sebenarnya pada skenario 2 dan 3 terjadi peningkatan IPM sebesar 169,90% dan 787,18% serta peningkatan *water footprint* sebanyak 100,45% dan 347,75%. Untuk skenario 5 dan 6 terjadi peningkatan IPM sebesar 170,08% dan 788% serta peningkatan *water footprint* sebanyak 101,39% dan 348,47%. Rekomendasi kebijakan skenario terbaik yang dapat diterapkan untuk menjawab kriteria skenario dari masing-masing *stakeholder* terkait ditentukan dengan melihat penurunan parameter *water footprint* dan peningkatan

IPM serta PDRB yang paling optimal. Berikut merupakan urutan kebijakan skenario terbaik hingga terburuk dari hasil output masing-masing skenario.

- | | |
|---------------|---------------|
| 1) Skenario 4 | 4) Skenario 5 |
| 2) Skenario 1 | 5) Skenario 4 |
| 3) Skenario 2 | 6) Skenario 6 |

Pemilihan rekomendasi dari skenario tersebut didasari oleh penurunan *water footprint* tertinggi, di mana pengambil keputusan dapat menerapkan kebijakan untuk penurunan penggunaan air setiap sektor sebesar 10%. Implementasi dari skenario tersebut tidak semata-mata secara langsung mengurangi atau membatasi konsumsi air dari masyarakat Jawa Timur. Mengingat banyak kepentingan yang membutuhkan sumber daya air tersebut, maka pengelolaan dan pengendalian selanjutnya harus dilakukan secara terpadu. Dengan mengacu permasalahan tersebut, maka arah dan tujuan pengelolaan sumber daya air dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Mengatur sistem pengadaan dan penggunaan air bagi penduduk kota dan desa, pertanian, industri, perikanan, serta parawisata melalui pelayanan air yang efisien;
2. Melakukan kajian, evaluasi dan pengembangan teknologi konservasi air, termasuk penyebarluasan IPTEK melalui penyuluhan penggunaan air yang efisien untuk setiap peruntukan, berkelanjutan dan prioritas kebutuhan;
3. Penegakan aturan penggunaan air permukaan maupun air bawah tanah menurut kriteria efisiensi dan memberikan pinalti setiap bentuk penyalahgunaan air dan pelanggaran terhadap ketentuan zone air tawar, untuk ditindak secara tegas dan konsisten;
4. Meningkatkan berbagai upaya, seperti pemberdayaan masyarakat dalam pengamanan hutan dan vegetasi lingkungan untuk menghilangkan faktor penyebab menurunnya kuantitas sumberdaya air di setiap DAS di Jawa Timur;
5. Mengembangkan sistem informasi sumberdaya air yang akurat dalam rangka proses perencanaan dan pengambilan keputusan untuk pengelolaan dan pengendalian sumberdaya air secara berkelanjutan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada Bab 6 dipaparkan mengenai kesimpulan dari hasil penelitian serta saran yang diberikan oleh peneliti untuk *stakeholder* terkait serta untuk penelitian selanjutnya.

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis yang telah dilakukan oleh peneliti, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

- Total *water footprint* provinsi Jawa Timur sebagai ukuran dari konsumsi air jika dilihat memiliki keterkaitan terhadap indikator kesejahteraan masyarakat yang dilihat dari produk domestik regional bruto (PDRB), di mana peningkatan PDRB dapat menyebabkan peningkatan konsumsi air yang akan meningkatkan *water footprint* secara keseluruhan. Jika dilihat dari setiap sektornya, PDRB berpengaruh terhadap kebutuhan tiap sektornya, sehingga ketika PDRB mengalami peningkatan permintaan akan produk, penyedia produk tersebut akan bertambah untuk memenuhi permintaan yang pada akhirnya akan meningkatkan konsumsi air. Hal ini menyebabkan *water footprint* akan semakin meningkat. Namun jika dilihat dari indikator kesejahteraan masyarakat melalui indeks pembangunan manusia (IPM), dari model yang telah disusun tidak terdapat keterkaitan yang kuat antara variabel IPM dengan *water footprint*. Walaupun dari skenario yang disusun peningkatan *water footprint* sejalan dengan peningkatan IPM, namun peningkatan dari *water footprint* dan IPM sama-sama dipengaruhi oleh variabel PDRB, di mana IPM dipengaruhi juga oleh kesadaran masyarakat akan pentingnya layanan jasa dan pendidikan yang juga dipengaruhi oleh PDRB.
- Dari berbagai skenario yang telah disusun, diperoleh hasil bahwa dengan meningkatkan PDRB sebesar 10% secara konstan, akan mempengaruhi tingkat konsumsi air dengan peningkatan mencapai 101.39% sedangkan

peningkatan PDRB sebesar 15% akan meningkatkan konsumsi hingga 348.47% pada tahun 2025. Dari peningkatan indeks *water footprint* tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan menggunakan model yang masih belum mempertimbangkan variabel ketersediaan air, IPM tidak dipengaruhi oleh indeks *water footprint*. Variabel PDRB lebih mempengaruhi IPM, dilihat dari peningkatan IPM mencapai 170.08% dari peningkatan PDRB sebesar 10% dan 788% dari peningkatan PDRB sebesar 15%. Dari peningkatan tersebut, dapat disimpulkan bahwa aspek kesejahteraan masyarakat berpengaruh terhadap *water footprint*, di mana semakin besar peningkatan dari variabel PDRB indikator kesejahteraan masyarakat, maka indikator utama peningkatan *water footprint* seperti jumlah total dari masing-masing unit setiap sektor akan semakin bertambah. Walaupun kebijakan penurunan indeks *water footprint* terbukti dapat mengurangi tingkat *water footprint* akhir dari masing-masing sektor, namun peningkatan PDRB juga akan meningkatkan indeks *water footprint* di mana peningkatan konsumsi air tersebut jauh lebih besar dari penurunan konsumsi air sehingga indeks *water footprint* akhir provinsi Jawa Timur justru akan semakin meningkat.

6.2. **Saran**

Berikut merupakan saran berdasarkan hasil penelitian ini untuk *stakeholder* terkait serta untuk penelitian selanjutnya

1. Model yang disusun dalam penelitian ini masih belum mempertimbangkan kebijakan pemenuhan kebutuhan air untuk setiap sektor, karena hanya mempertimbangkan kebijakan pengelolaan air provinsi Jawa Timur. Sehingga masih perlu dilakukan pengembangan untuk memperlihatkan ketersediaan secara keberlanjutan.
2. Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk meninjau perkembangan dari komponen indeks pembangunan manusia (IPM) sehingga dinamika dari pergerakan IPM dapat digambarkan dengan lebih baik.

3. Memperluas batasan sistem sehingga dapat lebih jelas terlihat interaksi antara indikator kesejahteraan masyarakat dan *water footprint* di Jawa Timur.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Aristoteles & Dipoyuno, K., 2010. *Keadilan Soisial*. Jakarta: CV Rajawali.
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Provinsi Jawa Timur , 2015. *Buku Data Dinamis Provinsi Jawa Timur*. Semester I 2015 ed. Surabaya: Provinsi Jawa Timur .
- Badan Pusat Statistik Jawa Timur, 2015. [Online] Available at: www.jatim.bps.go.id [Accessed 29 March 2016].
- Badan Pusat Statistik Jawa Timur, 2016. *Statistik Air Bersih Jawa Timur Tahun 2015/2016*, s.l.: Badan Pusat Statistik Jawa Timur.
- Badan Pusat Statistik Jawa Timur, 2016. *Survey Pertanian Produksi Padi dan Palawija di Jawa Timur 2015/2016*, s.l.: Badan Pusat Statistik Jawa Timur.
- Badan Pusat Statistika Indonesia, 2015. [Online] Available at: www.bps.go.id [Accessed 29 March 2016].
- Badan Pusat Statistika, 2014. *Statistik Industri Besar dan Sedang Provinsi Jawa Timur*, s.l.: Badan Pusat Statistika Jawa Timur.
- Bank Indonesia, 2016. *Kajian Ekonomi dan Keuangan Regional Provinsi Jawa Timur*, Surabaya: Kantor Perwakilan Bank Indonesia Provinsi Jawa Timur.
- BPS, 2009. *Berita Resmi Statistik: Profil Kemiskinan di Indonesia Maret 2009*, Jakarta: BPS.
- Bulsink, F., Hoekstra, A. Y. & Booij, M. J., 2010. The water footprint of Indonesian provinces related to the consumption of crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 1(Hydrology and Earth System Sciences), p. 10.
- Daellenbach, H. G. & McNickle, D. C., 2005. *Management Science Decision Making Through Systems Thinking*. Houndmills, Basingstoke, Hampshire: Plagrave Macmillan.

- Decay & Kumorotomo, W., 2005. *Etika Administrasi Negara*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Dirdjosisworo, S., 2003. *Pengantar Ilmu Hukum*. Jakarta: PT. Raja Grafindopersada.
- El-Gafy, I. K., 2014. System Dynamic Model for Crop Production, Water Footprint, and Virtual Water Nexus. 1(Water Resource Management), p. 24.
- Faturokhman, Molo & Marcelinus, 1995. *Kemiskinan dan Kependudukan di Pedesaan Jawa: Analisis data Susenas 1992*, Yogyakarta: Pusat Penelitian Kependudukan Universitas Gadjah Mada.
- Forrester, J. W., 1999. *System Dynamics: The Foundation Under System Thinking..* s.l.: Sloan School of Management Massachusetts Institute of Technology. .
- Menkonenn, M. & Hoekstra , A., 2011. *National Water Footprint Accounts: The Green, Blue And Grey Water Footprint Of Production And Consumption*, s.l.: Twente Water Centre, University of Twente, Enschede, The Netherlands.
- Ricardo Energy & Environment, 2015. *Carbon Factor for Energy Conversion*. [Online]
Available at: <http://ee.ricardo.com/cms/>
- Richardson, G. & Pugh, A., 19986. *Introduction to System Dynamics Modelling with Dynamo*. Cambridge, Massachusette, dan London: The MIT Press.
- Rusdiana, O., 2011. Kondisi Dan Masalah Air Di Pulau Jawa. 7(Air di Pulau Jawa), p. 6.
- Surabaya, P. K., 2015. *Gambaran Umum Kondisi Daerah*. [Online]
Available at: <http://www.surabaya.go.id/berita/8224-profil-of-surabaya>
- The World Bank, 2009. *Making The New Indonesia Work For The Poor*. Jakarta: The World Bank.
- Tsolakis, N., Vlachos, D., Iakovou, E. & Aivazidou, E., 2015. Water Footprint Management for Agrifood Supply Chains:A Critical Taxonomu and System Dinamics Modelling Approach. 43(Water Footprint), p. 6.

- Wirjodirdjo, B., 2012. *Pengantar Metodologi Sistem Dinamik*. 1st ed. Surabaya: ITS Press.
- Wolstenholme, 1989. *System Dynamic Research*. s.l.:s.n.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

-
- Indeks_Pembangunan_Manusia(t) = Indeks_Pembangunan_Manusia(t - dt) + (Laju_IPM) * dt
 INIT Indeks_Pembangunan_Manusia = 0
 INFLOWS:
 ✧ Laju_IPM =
 (((Indeks_Ekonomi+Indeks_Kesehatan+Indeks_Pendidikan)*1/3)*Konversi_per_satuan_waktu)*100
- Jumlah_Layanan_Jasa_Lainnya(t) = Jumlah_Layanan_Jasa_Lainnya(t - dt) + (Penambahan_Jasa_Lainnya) * dt
 INIT Jumlah_Layanan_Jasa_Lainnya = 79
 INFLOWS:
 ✧ Penambahan_Jasa_Lainnya = Kebutuhan_Jasa_Lainnya
- Jumlah_Layanan_Kesehatan(t) = Jumlah_Layanan_Kesehatan(t - dt) + (Penambahan_Layanan_Kesehatan) * dt
 INIT Jumlah_Layanan_Kesehatan = 1300
 INFLOWS:
 ✧ Penambahan_Layanan_Kesehatan = Kebutuhan_Layanan_Kesehatan
- Jumlah_Layanan_Pendidikan(t) = Jumlah_Layanan_Pendidikan(t - dt) + (Penambahan_Layanan_Pendidikan) * dt
 INIT Jumlah_Layanan_Pendidikan = 44284
 INFLOWS:
 ✧ Penambahan_Layanan_Pendidikan = Kebutuhan_Layanan_Pendidikan
- Luas_Panen_Jagung(t) = Luas_Panen_Jagung(t - dt) + (Laju_Luas_Panen_Jagung - Pengurangan_Luas_Panen_Jagung) * dt
 INIT Luas_Panen_Jagung = 1231654
 INFLOWS:
 ✧ Laju_Luas_Panen_Jagung = Luas_Panen_Jagung*Pelebaran_Lahan_Jagung
 OUTFLOWS:
 ✧ Pengurangan_Luas_Panen_Jagung =
 Alih_Fungsi_Lahan_Jagung*Luas_Panen_Jagung
- Luas_Panen_Padi(t) = Luas_Panen_Padi(t - dt) + (Laju_Luas_Panen_Padi - Pengurangan_Luas_Panen_Padi) * dt
 INIT Luas_Panen_Padi = 2152070
 INFLOWS:
 ✧ Laju_Luas_Panen_Padi = Luas_Panen_Padi*Pelebaran_Lahan_Padi
 OUTFLOWS:
 ✧ Pengurangan_Luas_Panen_Padi = (Alih_Fungsi_Luas_Panen_Padi*Luas_Panen_Padi)
- Luas_Panen_Palawija(t) = Luas_Panen_Palawija(t - dt) + (Laju_Luas_Panen_Palawija - Pengurangan_Luas_Panen_Palawija) * dt
 INIT Luas_Panen_Palawija = 583850
 INFLOWS:
 ✧ Laju_Luas_Panen_Palawija = Luas_Panen_Palawija*Pelebaran_Lahan_Palawija

OUTFLOWS:

↻ Pengurangan_Luas_Panen_Palawija =
Luas_Panen_Palawija*Alih_Fungsi_Lahan_Palawija

□ Pelanggan(t) = Pelanggan(t - dt) + (Pertambahan_Pelanggan) * dt
INIT Pelanggan = 1293112

INFLOWS:

↻ Pertambahan_Pelanggan = Potensi_Pelanggan

□ Penduduk(t) = Penduduk(t - dt) + (Pertambahan_Penduduk - Depopulasi) * dt
INIT Penduduk = 37476757

INFLOWS:

↻ Pertambahan_Penduduk = Imigrasi+Kelahiran

OUTFLOWS:

↻ Depopulasi = Emigrasi+Kematian

□ Persediaan_Air(t) = Persediaan_Air(t - dt) + (Produksi - Konsumsi__Air) * dt
INIT Persediaan_Air = 450000000

INFLOWS:

↻ Produksi = Air_Baku*Produktivitas_Air_Baku

OUTFLOWS:

↻ Konsumsi__Air = Tingkat_Pemenuhan_Demand_Air*Volume_Air_yang_Dibutuhkan

□ Persediaan_Jagung(t) = Persediaan_Jagung(t - dt) + (Laju_Panen_Jagung -
Kebutuhan_Jagung) * dt
INIT Persediaan_Jagung = 6131163

INFLOWS:

↻ Laju_Panen_Jagung = Luas_Panen_Jagung*Produktifitas_Jagung

OUTFLOWS:

↻ Kebutuhan_Jagung = Persediaan_Jagung*Tingkat_Pemenuhan_Demand_Jagung

□ Persediaan_Padi(t) = Persediaan_Padi(t - dt) + (Laju_Panen_Padi - Kebutuhan_Padi) * dt
INIT Persediaan_Padi = 13154967

INFLOWS:

↻ Laju_Panen_Padi = Luas_Panen_Padi*Produktifitas_Padi

OUTFLOWS:

↻ Kebutuhan_Padi = Persediaan_Padi*Tingkat_Pemenuhan_Demand_Padi

□ Persediaan_Palawija(t) = Persediaan_Palawija(t - dt) + (Laju_Panen_Palawija -
Kebutuhan_Palawija) * dt
INIT Persediaan_Palawija = 4048666

INFLOWS:

↻ Laju_Panen_Palawija = (Luas_Panen_Palawija*Produktifitas_Palawija)

OUTFLOWS:


↻ Kebutuhan_Palawija = Persediaan_Palawija*Tingkat_Pemenuhan_Demand_Palawija


- $\text{Total_Alokasi_Pengeluaran}(t) = \text{Total_Alokasi_Pengeluaran}(t - dt) + (\text{Penambahan_Alokasi}) * dt$
 INIT $\text{Total_Alokasi_Pengeluaran} = 610$
 INFLOWS:
 ➤ $\text{Penambahan_Alokasi} =$
 $\text{Alokasi_Pengeluaran_Pembelian_Produk/PDRB_Industri_perkapita}$
- $\text{Water_Footprint_Jawa_Timur}(t) = \text{Water_Footprint_Jawa_Timur}(t - dt) +$
 $(\text{Laju_Water_Footprint_Jawa_Timur}) * dt$
 INIT $\text{Water_Footprint_Jawa_Timur} = 0$
 INFLOWS:
 ➤ $\text{Laju_Water_Footprint_Jawa_Timur} =$
 $((\text{Laju_WFP_Agrikultur} + \text{Laju_WFP_Household} + \text{Laju_WFP_Sektor_Industri} + \text{Penambahan_WFP_Jasa}) * \text{Konversi_Waktu})$
- $\text{WFP_Agrikultur}(t) = \text{WFP_Agrikultur}(t - dt) + (\text{Laju_WFP_Agrikultur}) * dt$
 INIT $\text{WFP_Agrikultur} = 0$
 INFLOWS:
 ➤ $\text{Laju_WFP_Agrikultur} =$
 $\text{WFP_Blue_Padi} + \text{WFP_Blue_Jagung} + \text{WFP_Blue_Palawija} + \text{WFP_Green_Jagung} + \text{WFP_Green_Padi} + \text{WFP_Green_Palawija}$
- $\text{WFP_Household}(t) = \text{WFP_Household}(t - dt) + (\text{Laju_WFP_Household}) * dt$
 INIT $\text{WFP_Household} = 0$
 INFLOWS:
 ➤ $\text{Laju_WFP_Household} = \text{WFP_Green} + \text{WFP_Blue}$
- $\text{WFP_Sektor_Jasa}(t) = \text{WFP_Sektor_Jasa}(t - dt) + (\text{Penambahan_WFP_Jasa}) * dt$
 INIT $\text{WFP_Sektor_Jasa} = 0$
 INFLOWS:
 ➤ $\text{Penambahan_WFP_Jasa} = \text{WFP_Blue_Jasa} + \text{WFP_Gray_Jasa} + \text{WFP_Green_Jasa}$
- $\text{WFP_Sektor_Industri}(t) = \text{WFP_Sektor_Industri}(t - dt) + (\text{Laju_WFP_Sektor_Industri}) * dt$
 INIT $\text{WFP_Sektor_Industri} = 0$
 INFLOWS:
 ➤ $\text{Laju_WFP_Sektor_Industri} =$
 $\text{Green_WFP_industri} + \text{Industrial_Blue_WFP} + \text{Industrial_Gray_WFP}$
- $\text{Air_Baku} = \text{Air_Tanah_Yang_Digunakan} + \text{Air_Waduk} + \text{Sumber_Air_Lainya}$
- $\text{Air_Tanah_Yang_Digunakan} = 215089511$
- $\text{Air_Waduk} = 5254560$
- $\text{Aktual_Harapan_Lama_Sekolah} =$
 $(\text{Kebutuhan_Layanan_Pendidikan} / \text{Demand_Awal_Layanan_Pendidikan}) * 10$
- $\text{Aktual_Rata_rata_Lama_Sekolah} =$
 $(\text{Kebutuhan_Layanan_Pendidikan} / \text{Demand_Awal_Layanan_Pendidikan}) * 8$
- $\text{Alih_Fungsi_Lahan_Jagung} = 0.009$
- $\text{Alih_Fungsi_Lahan_Palawija} = 0.001$

- $Alij_Fungsi_Luas_Panen_Padi = 0.01$
- $Aloaksi_Pengeluaran_Agrikultur = Daya_Beli_Masyarakat * Persentase_Pengeluaran_Agrikultur$
- $Alokasi_Pengeluaran = Daya_Beli_Masyarakat * Persentase_Pengeluaran$
- $Alokasi_Pengeluaran_Layanan_Kesehatan =$
 $Daya_Beli_Masyarakat * Persentase_Pengeluaran_Layanan_Kesehatan$
- $Alokasi_Pengeluaran_Layanan_Pendidikan =$
 $Daya_Beli_Masyarakat * Persentase_Pengeluaran_Layanan_Pendidikan$
- $Alokasi_Pengeluaran_Untuk_Layanan_Jasa_Lainya =$
 $Daya_Beli_Masyarakat * Persentase_Pengeluaran_Layanan_Jasa_Lainya$
- $Alokasi_Pengeluaran_Pembelian_Produk =$
 $Daya_Beli_Masyarakat * Persentase_Pengeluaran_Produk_Industri$
- $Angka_Harapan_Hidup =$
 $(Kebutuhan_Layanan_Kesehatan / Demand_Awal_Layanan_Kesehatan) * 43$
- $Blue_Virtual_Water = Luas_Panen_Padi * Penggunaan_Blue_Water$
- $Blue_Virtual_Water_2 = Luas_Panen_Jagung * Penggunaan_Blue_Water$
- $Blue_Virtual_Water_3 = Luas_Panen_Palawija * Penggunaan_Blue_Water$
- $Daya_Beli_Masyarakat = 537$
- $Demand_Awal_Jagung = 0.005$
- $Demand_awal_produk_Industri = 2695165$
- $Demand_Awal_Layanan_Kesehatan = 1000$
- $Demand_Awal_Layanan_Pendidikan = 30283$
- $Demand_Awal_Padi = 0.005$
- $Demand_Awal_Palawija = 0.003$
- $Emigrasi = Penduduk * Tingkat_Emigrasi$
- $Fraksi_PDRB_Sektor_Agrikultur = 0.45$
- $Fraksi_PDRB_Sektor_Industri = 0.24$
- $Fraksi_PDRB_Sektor_Jasa = 0.18$
- $Fraksi_PDRB_Sektor_Household = 0.00000002$
- $Green_Virtual_Water = Penggunaan_Green_Water * Luas_Panen_Padi$
- $Green_Virtual_Water_2 = Luas_Panen_Jagung * Penggunaan_Green_Water$
- $Green_Virtual_Water_3 = Luas_Panen_Palawija * Penggunaan_Green_Water$
- $Green_WFP_industri =$
 $Jumlah_Industri_Jawa_Timur * Penggunaan_green_water_oleh_satu_Industri$
- $Harapan_Lama_Sekolah = (Aktual_Harapan_Lama_Sekolah - 0) / (18 - 0)$
- $Imigrasi = Penduduk * Tingkat_Imigrasi$
- $Indeks_Ekonomi = (LOGN(Pengeluaran) - LOGN(300000)) / (LOGN(732720) - LOGN(300000))$
- $Indeks_Kesehatan = ((Angka_Harapan_Hidup - 25) / (85 - 25))$
- $Indeks_Pendidikan = (Harapan_Lama_Sekolah + Rata_rata_Lama_Sekolah) / 2$
- $Industrial_Blue_WFP =$
 $Jumlah_Industri_Jawa_Timur * Penggunaan_blue_water_oleh_satu_Industri$

- $\text{Industrial_Gray_WFP} = \text{Penggunaan_gray_water_oleh_satu_Industri} * \text{Jumlah_Industri_Jawa_Timur}$
- $\text{Jumlah_Industri_Jawa_Timur} = (1600 * (1 + (\text{Variabel_Produksi_Sektor_Industri} * 0.098258315))) * \text{Konversi_unit_industri}$
- $\text{Jumlah_Layanan_Jasa} = \text{Jumlah_Layanan_Jasa_Lainnya} + \text{Jumlah_Layanan_Kesehatan} + \text{Jumlah_Layanan_Pendidikan}$
- $\text{Kebutuhan_Jasa_Lainyan} = ((\text{PDRB_Sektor_Jasa} / \text{Alokasi_Pengeluaran_Untuk_Layanan_Jasa_Lainya}) / \text{Penduduk})$
- $\text{Kebutuhan_Layanan_Kesehatan} = ((\text{PDRB_Sektor_Jasa} / \text{Alokasi_Pengeluaran_Layanan_Kesehatan}) / \text{Penduduk})$
- $\text{Kebutuhan_Layanan_Pendidikan} = ((\text{PDRB_Sektor_Jasa} / \text{Alokasi_Pengeluaran_Layanan_Pendidikan}) / \text{Penduduk})$
- $\text{Kebutuhan_Produk_Industri} = \text{Total_Alokasi_Pengeluaran} * (\text{Penduduk} * \text{Tingkat_Kebutuhan_Tiap_Penduduk})$
- $\text{Kelahiran} = \text{Penduduk} * \text{Tingkat_Kelahiran}$
- $\text{Kematian} = \text{Penduduk} * \text{Tingkat_Kematian}$
- $\text{Konsumsi_Pelanggan} = (((\text{Pelanggan} * \text{Konsumsi_Per_Pelanggan}) * \text{Alokasi_Pengeluaran}) / (\text{Tarif_Air} * \text{PDRB_Sektor_Household}))$
- $\text{Konversi_per_satuan_waktu} = 1$
- $\text{Konversi_unit_industri} = 1$
- $\text{Konversi_Waktu} = 1$
- $\text{PDRB_Agrikultur_perkapita} = \text{PDRB_Sektor_Agrikultur} / \text{Penduduk}$
- $\text{PDRB_Industri_perkapita} = \text{PDRB_Sektor_Industri} / \text{Penduduk}$
- $\text{PDRB_Per_Kapita} = \text{PDRB} / \text{Penduduk}$
- $\text{PDRB_Sektor_Agrikultur} = \text{Fraksi_PDRB_Sektor_Agrikultur} * \text{PDRB}$
- $\text{PDRB_Sektor_Household} = \text{PDRB} * \text{Fraksi_PDRB_Sektor_Household}$
- $\text{PDRB_Sektor_Industri} = \text{PDRB} * \text{Fraksi_PDRB_Sektor_Industri}$
- $\text{PDRB_Sektor_Jasa} = \text{Fraksi_PDRB_Sektor_Jasa} * \text{PDRB}$
- $\text{Pelebaran_Lahan_Jagung} = 0.03$
- $\text{Pelebaran_Lahan_Padi} = 0.03$
- $\text{Pelebaran_Lahan_Palawija} = 0.09$
- $\text{Pengeluaran} = (\text{PDRB_Per_Kapita} / \text{Daya_Beli_Masyarakat}) * 6$
- $\text{Penggunaan_Blue_Water} = 0.0000000000023$
- $\text{Penggunaan_Blue_Water_1} = 0.0000000735$
- $\text{Penggunaan_Blue_Water_2} = 0.000021945$
- $\text{Penggunaan_blue_water_oleh_satu_Industri} = 0.003135$
- $\text{Penggunaan_Gray_Water} = 0.0000132$
- $\text{Penggunaan_gray_water_oleh_satu_Industri} = 0.007$
- $\text{Penggunaan_Green_Water} = 0.00000000000547$

- ☐ Penggunaan_Green_Water_1 = 0.00000004
- ☐ Penggunaan_green_water_oleh_satu_Industri = 0.0093
- ☐ Penggunaan__Green_Water_2 = 0.0000321
- ☐ Persentase_Pengeluaran = 30000*12
- ☐ Persentase_Pengeluaran_Agrikultur = 120
- ☐ Persentase_Pengeluaran_Layanan_Jasa_Lainya = 319.8
- ☐ Persentase_Pengeluaran_Layanan_Kesehatan = 8.5
- ☐ Persentase_Pengeluaran_Layanan_Pendidikan = 0.29
- ☐ Persentase_Pengeluaran_Produk_Industri = 0.4183
- ☐ Potensi_Pelanggan =
(Penduduk/Rata_rata__Aggota_Keluarga)*Tingkat_Penambahan_Pelanggan
- ☐ Produktifitas_Jagung = 4.752
- ☐ Produktifitas_Padi = 5.1346
- ☐ Produktifitas_Palawija = 7.625
- ☐ Produktivitas_Air_Baku = 1.67
- ☐ Rata_rata__Aggota_Keluarga = 6
- ☐ Rata_rata_Lama_Sekolah = (Aktual_Rata_rata_Lama_Sekolah-0)/(15-0)
- ☐ Sumber_Air_Lainya = 201276316
- ☐ Tarif_Air = 937
- ☐ Tingkat_Emigrasi = 0.0127
- ☐ Tingkat_Imigrasi = 0.0103
- ☐ Tingkat_Kebutuhan_Tiap_Penduduk = 0.00045
- ☐ Tingkat_Kelahiran = 0.0247
- ☐ Tingkat_Kematian = 0.0189
- ☐ Tingkat_Pemenuhan_Demand_Air = 1
- ☐ Tingkat_Pemenuhan_Demand_Jagung =
Tingkat_Pengeluaran_Agrikultur*Demand_Awal_Jagung
- ☐ Tingkat_Pemenuhan_Demand_Padi = Tingkat_Pengeluaran_Agrikultur*Demand__Awal_Padi
- ☐ Tingkat_Pemenuhan_Demand_Palawija =
Tingkat_Pengeluaran_Agrikultur*Demand__Awal_Palawija
- ☐ Tingkat_Penambahan_Pelanggan = 0.005
- ☐ Tingkat_Pengeluaran_Agrikultur = PDRB_Agrikultur_perkapita/Aloaksi_Pengeluaran_Agrikultur
- ☐ Variabel_Produksi_Sektor_Industri =
((Kebutuhan__Produk_Industri-Demand_awal_produk_Industri)/Demand_awal_produk_Industri
)/0.1
- ☐ Volume_Air_yang_Dibutuhkan = Konsumsi_Pelanggan
- ☐ WFP_Blue = Penggunaan_Blue_Water_1*Volume_Air_yang_Dibutuhkan
- ☐ WFP_Blue_Jagung = Persediaan_Jagung*Blue_Virtual_Water_2
- ☐ WFP_Blue_Jasa = Jumlah_Layanan_Jasa*Penggunaan_Blue_Water_2
- ☐ WFP_Blue_Padi = Persediaan_Padi*Blue_Virtual_Water

- ☐ WFP_Blue_Palawija = Persediaan_Palawija*Blue_Virtual_Water_3
- ☐ WFP_Gray_Jasa = Jumlah_Layanan_Jasa*Penggunaan_Gray_Water
- ☐ WFP_Green = Penggunaan_Green_Water_1*Volume_Air_yang_Dibutuhkan
- ☐ WFP_Green_Jagung = Persediaan_Jagung*Green_Virtual_Water_2
- ☐ WFP_Green_Jasa = Jumlah_Layanan_Jasa*Penggunaan__Green_Water_2
- ☐ WFP_Green_Padi = Persediaan_Padi*Green_Virtual_Water
- ☐ WFP_Green_Palawija = Persediaan_Palawija*Green_Virtual_Water_3
- ☒ Konsumsi_Per_Pelanggan = GRAPH(TIME)


Tahun	Konsumsi_Per_Pelanggan
2011	38000
2012	42500
2013	47000
2014	51500
2015	56000
2016	60500
2017	65000
2018	69500
2019	74000
2020	78500
2021	83000
2022	87500
2023	92000
2024	96500
2025	101000
- ☒ PDRB = GRAPH(TIME)


Tahun	PDRB
2011	1.1e+015
2012	1.2e+015
2013	1.4e+015
2014	1.5e+015
2015	1.6e+015
2016	1.7e+015
2017	1.7e+015
2018	1.7e+015
2019	1.8e+015
2020	1.9e+015
2021	1.9e+015
2022	2.1e+015
2023	2.1e+015
2024	2.2e+015
2025	2.2e+015

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Agung Prasetyo, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Lahir di Blitar, 16 Desember 1994, penulis menempuh pendidikan formal di SDN Sentul 1 Kota Blitar, SMPN 1 Blitar, dan SMAN 1 Blitar. Penulis memulai pendidikan pada Jurusan Teknik Industri ITS pada tahun 2012. Selama masa perkuliahan penulis pernah menjadi Staff Departemen Linkar Kampus HMTI ITS 2013/2014, dan Wakil Kepala Departemen Linkar Kampus HMTI ITS 2014/2015. Selama masa perkuliahan penulis melakukan kerja praktek di PT Pupuk Sriwijaya Palembang. Penulis dapat dihubungi melalui email prasetyoagung.ap@gmail.com untuk mendapatkan informasi lebih lanjut.